

Міністерство освіти і науки України
Національний університет водного господарства та
природокористування
Кафедра водопостачання, водовідведення та бурової справи

03-06-110

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до проведення практичних занять та виконання самостійної
роботи
з навчальної дисципліни **«Міські інженерні мережі»**
для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня
за освітньо-професійними програмами спеціальності
192 «Будівництво та цивільна інженерія»
(водопостачання та водовідведення)
всіх форм навчання

Рекомендовано науково-
методичною радою з якості
Навчально-наукового інституту
будівництва та архітектури
Протокол №5 від 05.05.2020 р.

Рівне – 2020

Методичні вказівки до проведення практичних занять та виконання самостійної роботи з навчальної дисципліни «Міські інженерні мережі» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за освітньо-професійними програмами спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» (водопостачання та водовідведення) всіх форм навчання [Електронне видання] / Мартинов С. Ю. – Рівне : НУВГП, 2020. – 54 с.

Укладач: Мартинов С. Ю., докт. тех. наук, професор, завідувач кафедри водопостачання, водовідведення та бурової справи.

Відповідальний за випуск – Мартинов С. Ю., докт. тех. наук, професор, завідувач кафедри водопостачання, водовідведення та бурової справи.

Керівник групи забезпечення спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» – Бабич Є. М., докт. тех. наук, професор.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
I. ПРАКТИЧНІ РОБОТИ	3
1. Зображення інженерних мереж на кресленнях	3
2. Конструювання водопровідних інженерних мереж.....	10
3. Конструювання каналізаційних мереж та споруд.....	17
4. Теплотехнічні розрахунки інженерних мереж	25
5. Встановлення та розрахунок обладнання на інженерних мережах	31
6. Розрахунок упорів на інженерних мережах.....	38
7. Взаємне розміщення інженерних мереж на території міста.....	46
II. САМОСТІЙНА РОБОТА.....	52
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ	54

© Мартинов С. Ю., 2020

© НУВГП, 2020

ВСТУП

Сучасні населені пункти оснащені всіма видами інженерного благоустрою: водопостачанням, каналізацією, тепло-, газо- та електропостачанням, зв'язком тощо.

Основною метою викладання навчальної дисципліни «Міські інженерні мережі» є підготовка фахівців в області планування та забудови міських населених пунктів, а саме міських інженерних мереж, здатних ефективно використовувати отримані знання при проектуванні, будівництві, експлуатації на території міст, при рішенні найважливіших соціальних, екологічних та економічних проблем.

В результаті вивчення навчальної дисципліни студенти повинні знати: характеристики споживачів води, теплової енергії, горючих газів; схеми й устаткування сучасних інженерних мереж; конструкції та способи прокладання інженерних мереж і споруд водопостачання, водовідведення, теплопостачання, газопостачання, електропостачання в населених пунктах; експлуатацію інженерних мереж. Студенти повинні вміти: проектувати інженерні мережі та споруди.

І. ПРАКТИЧНІ РОБОТИ

Результати виконання кожної практичної роботи оформлюються на паперовому носії інформації (зошиті). В кінці кожної практичної роботи студент подає викладачу результати її виконання, а викладач оцінює ступінь виконання та заносить отримані бали у журнал. В разі невиконання певної практичної роботи з об'єктивних причин, студенти мають право, за дозволом директора інституту, її відпрацювати. Час та порядок відпрацювання визначається викладачем.

1. Зображення інженерних мереж на кресленнях

Згідно ДСТУ Б А.2.4-1:2009 умовне позначення трубопроводів складається з графічного умовного позначення або спрощеного зображення трубопроводу та літерно-цифрового чи цифрового позначення, яке характеризує вид середовища, що

транспортується, його призначення та параметри. Літерою, або першою цифрою позначають вид середовища, що транспортується, наступними цифрами – призначення та (або) параметри середовища, що транспортується. Літерно-цифрові позначення трубопроводів наведені в табл. 1.1.

Таблиця 1.1

Літеро-цифрові позначення трубопроводів

Найменування	Позначення
1. Водопровід:	
а) загальне позначення	B0
б) господарсько-питний*	B1
в) протипожежний*	B2
г) виробничий*	
загальне позначення	B3
оборотної води, подавальний	B4
оборотної води, зворотній	B5
зм'якшеної води	B6
річкової води	B7
річкової освітленої води	B8
підземної води	B9
2. Каналізація:	
а) загальне позначення	K0
б) побутова	K1
в) дощова	K2
г)виробнича:	
загальне позначення	K3
механічно забруднених вод	K4
мулова	K5
вод, що містять шлам	K6
хімічно забруднених вод	K7
кислих вод	K8
лужних вод	K9
кисло-лужних вод	K10
вод, що містять ціаніди	K11
вод, що містять хром	K12
3. Теплопровід:	

а) загальне позначення	T0
б) трубопровід гарячої води для опалення і вентиляції (в тому числі кондиціонування):	
подавальний	T1
зворотній	T2
в) трубопровід гарячої води для гарячого водопостачання:	
подавальний	T3
циркуляційний	T4
г) трубопровід гарячої води для технологічних процесів:	
подавальний	T5
зворотній	T6
д) трубопровід:	
пари (паропровід)	T7
конденсату (конденсатопровід)	T8
4. Газопровід:	
а) загальне позначення	Г0
б) низького тиску (до 0,005 МПа)	Г1
в) газопровід середнього тиску (0,005...0,3МПа)	Г2
г) газопровід високого тиску (0,3...0,6 МПа)	Г3
д) газопровід високого тиску (0,6...1,2 МПа)	Г4
е) газопровід продувочний	Г5
ж) трубопровід на розрідження	Г6
5. Електропостачання:	
а) загальне позначення електрокабеля	W0
б) напругою до 35 кВ	W1
в) напругою 35...110 кВ	W2
г) напругою більше 110 кВ	W3
3. Зв'язок	
а) загальне позначення (засоби зв'язку, системи управління та інформації)	V0

Примітка. У тому випадку, коли господарсько-питний або виробничий водопровід є одночасно і протипожежним, йому присвоюють позначення господарсько-питного або виробничого водопроводу, а призначення роз'яснюють на кресленнях.

Видимі ділянки трубопроводів, що проектуються, зображують суцільною основною лінією, невидимі (наприклад, у перекритих каналах) – штриховою лінією тієї ж товщини. Існуючі трубопроводи зображують, відповідно, безперервною чи штриховою тонкою лінією.

При зображенні трубопроводу на кресленні (схемі) літерно-цифрові позначення вказують на полицях ліній виносок або над лінією трубопроводу, а в необхідних випадках – у розривах ліній трубопроводів. На рис. 1.1 наведений приклад зображення трубопроводів на кресленнях та схемах. При спрощених графічних зображеннях трубопроводу (у дві лінії) літерно-цифрові позначення вказують на полицях ліній виносок або безпосередньо над графічним зображенням трубопроводу.

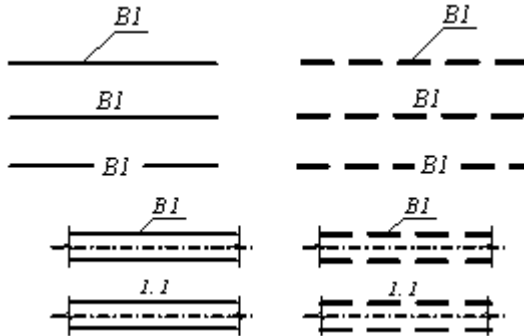


Рис. 1.1. Приклад зображення трубопроводів на кресленнях та схемах

У тому випадку, коли на полиці лінії виноски наносять буквено-цифрове позначення трубопроводу, діаметр трубопроводу вказують під полицею лінії виноски.

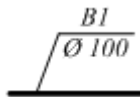


Рис. 1.2. Зображення трубопроводів

Кількість літерно-цифрових позначень, що проставляються на лініях трубопроводів, повинна бути мінімальною, але такою, що забезпечує розуміння креслення (схеми). Якщо треба показати, що ділянка мережі каналізації або конденсатопроводу

є напірною, то літерно-цифрове позначення доповнюють прописною літерою «Н», наприклад: К4Н; Т8Н.

Згідно ДСТУ Б А.2.4-31:2008 допускається позначати невидимі (наприклад підземні, в перекритих каналах) трубопроводи суцільною товстою основною лінією за відсутності на кресленнях видимих ділянок трубопроводів з необхідним поясненням в загальних даних по робочих кресленнях або на відповідних кресленнях. Підоснову креслення (наприклад план населеного пункту) виконують суцільною тонкою лінією.

Для розробки планів мереж, як підоснову, використовують робочі креслення генерального плану, автомобільних і залізних доріг або топографічні плани.

На планах мереж (рис. 1.3) вказують:

- існуючі і проектні будівлі і споруди, мережі водопостачання і каналізації з координатами або прив'язками до координатних осей будівель (споруд) або постійних базисів, інженерні мережі іншого призначення, що впливають на прокладку проектних мереж;
- діаметри проектних трубопроводів до і після точок їх зміни;
- споруди на мережі (наприклад, колодязі, камери, дощоприймачі, переходи по естакадах і під автомобільними та залізничними шляхами, дюкери) з відповідною їх нумерацією;
- координати проектних мереж.

Допускається замість плану мереж виконувати окремі фрагменти цього плану, розміщуючи їх під зображеннями відповідних профілів мереж. Плани мереж виконують в масштабі 1:500...1:5000, вузли мереж – в масштабі 1:20...1:50.

Схеми напірних мереж виконують в плані без масштабу. На схемах напірних мереж вказують:

- трубопроводи і довжини їх ділянок, діаметри і товщину стінок (при необхідності) труб, фасонні частини, арматуру, упори та інші елементи мереж;
- колодязі з розмірами в плані і прив'язкою осі труб до внутрішніх граней колодязів. Елементом трубопроводу присвоюють позиційні позначення.

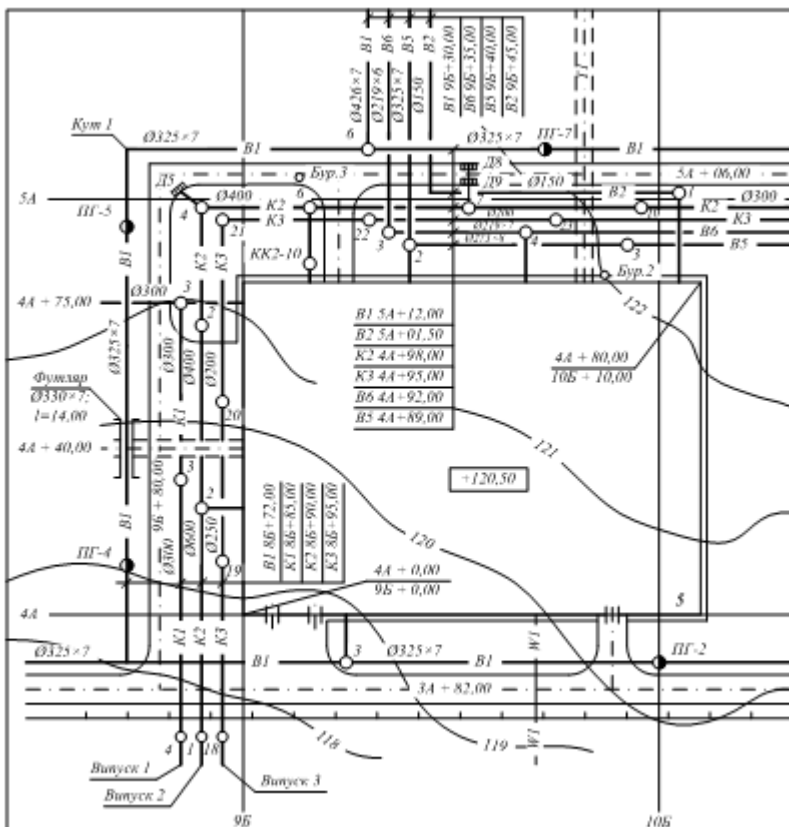


Рис. 1.3. Приклад виконання плану мереж

При необхідності на листах із схемою напірних мереж виконують плани, розрізи або схеми окремих елементів мережі в масштабі 1:10-1:100. Допускається виконання робочих креслень напірних мереж без схеми, але з обов'язковим виконанням схем колодязів з прив'язкою осей труб до внутрішніх граней колодязів.

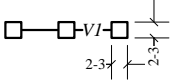
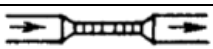
Згідно ДСТУ Б А.2.4-2:2009 на генеральних планах трубопровідну, кабельну або повітряну мережу наносять однією лінією, яка відповідає осі (трасі) мережі, і супроводжують встановленими літеро-цифровими позначеннями. Літеро-цифрові позначення мережі наносять в розривах лінії мережі з

інтервалами не більше 100 мм, а також біля характерних точок (поворотів, перетинів, введів у будинки і споруди тощо). Мережі, що прокладаються в одній траншеї або на одній лінії опор, допускається зображати однією лінією, вказуючи види мереж на полиці лінії-виноски (табл. 1.2). Якщо в проекті всі позамайданчикові мережі прокладені під землею, допускається умовно зображати їх суцільною лінією з відповідним поясненням.

Таблиця 1.2

Умовні графічні позначення

№ з/п	Найменування	Умовне позначення з розмірами, мм
1	Інженерні мережі на естакаді	
2	Інженерні мережі в галереї	
3	Інженерні мережі в тунелі, прохідному каналі	
4	Інженерні мережі в непрохідному каналі	
5	Інженерні мережі в кабельному каналі	
6	Інженерні мережі, які прокладаються в траншеї	

7	Інженерна мережа надземна на високих опорах	
8	Інженерна мережа надземна на низьких опорах	
9	Інженерна мережа надземна на опорах по покриттю будинку (споруди)	
10	Інженерна мережа надземна на опорах по стіні будинку (споруди)	
11	Лоток неукріплений	
12	Лоток укріплений	
13	Канал неукріплений	
14	Канал укріплений	
15	Швидкотік, перепад	
16	Дюкер	
17	Водоприймальний колодязь (дощеприймальна ґратка – щілястий стік)	

2. Конструювання водопровідних інженерних мереж

2.1. Класифікація міських водопровідних мереж

Водопровідні мережі входять до складу систем подачі та розподілу води (СПРВ) і знаходяться у тісному гідравлічному взаємозв'язку з іншими їх елементами: насосними станціями, напірно-регульовальними спорудами (резервуарами, водонапірними баштами та колонами). Водопровідні мережі розташовані на всій території населеного пункту та мають

значні розміри, які залежно від його величини, вимірюються десятками, сотнями та навіть тисячами кілометрів. При цьому будівельна вартість водопровідних мереж сягає біля 80% вартості СПРВ і понад 60% всієї системи водопостачання населеного пункту.

Мережі водопостачання призначені для транспортування води від насосних станцій або інших джерел живлення до місць споживання води.

Водопровідні мережі, як і СПРВ, можна класифікувати за такими характерними ознаками:

- спосіб подачі води у мережу: нагнітальні; гравітаційні; комбіновані;

- **значимість водопровідних ліній:**

- водоводи — для транспортування води між окремими водопровідними спорудами (наприклад, від насосної станції до мережі);

- магістральні — транспортують основну кількість води у найбільш віддалені точки та до великих зосереджених споживачів;

- розподільчі — подають воду безпосередньо до введів у будівлі, внутрішньоквартальну мережу, до водорозбірних колонок, пожежних гідрантів;

- тип водопровідних мереж (схеми в плані):

- розгалужені (тупикові) — це розгалужена система розподільних трубопроводів. Така мережа, звичайно, має меншу будівельну вартість, але вона не дуже надійна, чутлива до гідравлічних ударів, в ній може застоюватися вода та погіршуватися її якість;

- кільцеві (замкнені) — складаються із замкнених кілець розподільних трубопроводів, які в будь-яку точку об'єкта подають воду з двох боків. Вона надійніша, ніж тупикова, проте дорожча;

- комбіновані (кільцеві з тупиковими) — це кільцева з невеликими тупиковими відгалуженнями на окремих ділянках;

- **кількість зон мережі:**

- моноструктурні (однозонні) водопровідні мережі влаштовують для невеликих об'єктів і при відносно плоскому рельєфі;

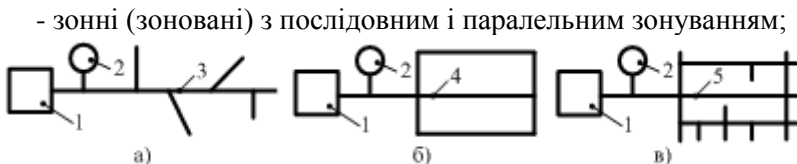


Рис. 2.1. Схеми водопровідної мережі в плані

а) розгалужена (тупикова); б) кільцева (замкнена); в) комбінована;
 1 – НС-II; 2 – ВБ; 3 – розподільна тупикова мережа; 4 – розподільна кільцева мережа; 5 – розподільна комбінована мережа

• **місце розташування напірно-регулювальних споруд** відносно насосної станції, що живить водопровідну мережу:

- з прохідною баштою (башта та насосна станція підключені до мережі з однієї сторони) – вода подається з одного боку. В години, коли НС-II подає води більше, ніж цього потребує споживач, залишки води акумулюються у баку башти, не потрапляючи в мережу. Коли відбирання води з мережі перевищує подавання НС-II, недостатня кількість її подається з башти в ту саму точку, в яку надходить вода від НС-II;

- з контррезервуаром (башта та насосна станція підключені до мережі з протилежних сторін) – в години максимального водоспоживання одна частина мережі живиться, водою від НС-II, а друга – від башти. В години, коли подача НС-II перевищує водоспоживання, вода до всіх споживачів надходить від насосної станції, а залишки її проходять всю мережу транзитом і акумулюються в баку башти;

- комбінована (башта розташована в середній частині мережі) – займає проміжне положення між двома попередніми: одна частина мережі має однобічне живлення, друга – двобічне. Комбіновані мережі найпоширеніші у населених пунктах;

- безбаштова (башта – відсутня) – вода в мережу подається виключно насосами;

• **тип протипожежного водопроводу** (для об'єднаних систем водопостачання):

- низького тиску – повинні забезпечувати в місцях розбору води на гасіння пожеж напори (від поверхні землі) не менше 10 м;

- високого тиску: постійного; змінного – повинні

забезпечувати вільні напори, достатні для створення висоти компактної частини струменя не менше 10 м за максимальною необхідною витрати на пожежогасіння та розташуванні пожежного ствола на рівні верхівки даху найвищої будівлі;

• **надійність або ступінь забезпеченості подачі води:**

- I-а, II-а і III-я категорії (табл. 2.1).

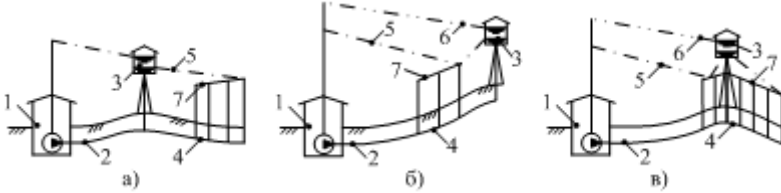


Рис. 2.2. Схема живлення водопровідної мережі

а – однобічного живлення (з прохідною баштою); б – двобічного живлення (з контррезервуаром), в – комбінованого живлення;

1 – НС-П; 2 – водовід; 3 – башта; 4 – мережа; 5 – п'єзометрична лінія при максимальному господарському водоспоживанні; 6 – п'єзометрична лінія при транзиті в башту; 7 – необхідні вільні напори

Таблиця 2.1

Категорії централізованих систем водопостачання за надійністю дії (ступенем забезпеченості подачі води)

Категорії систем водопостачання	Допустимий час зниження подачі води до 30% від розрахункової подачі, діб	Допустимий час перерви у водопостачанні або зниженні подачі води понад 30%	Кількість жителів в населеному пункті, тис. жителів
I	3	10 хвилин	>50
II	10	6 годин	5-50
III	15	1 доба	<5

2.2. Трасування водопровідних мереж

Трасуванням водопровідної мережі називають процес, на основі якого їй надають певного геометричного розташування в плані. Трасування залежить від планування об'єкта водопостачання, розміщення на його території окремих споживачів, рельєфу місцевості, місць розташування живильників (НС, ВБ, напірних РЧВ), наявності природних і

штучних перешкод для прокладання труб (річки, канали, балки, залізниці й автомобільні шляхи).

Трасуючи водоводи та водопровідні мережі, необхідно керуватися такими рекомендаціями:

1. водоводи та головні магістральні лінії треба направляти найкоротшим шляхом до найкрупніших водоспоживачів, а також до водонапірної башти;
2. для забезпечення надійності водопостачання ліній водоводу та головних магістралей повинно бути не менше двох; у свою чергу, їх з'єднують перемичками, які, на випадок аварії, дають можливість виключати на ремонт будь-яку ділянку;
3. водоводи повинні забезпечувати мінімальну геометричну висоту подавання води насосами, а отже, найменші витрати електроенергії;
4. водопровідні лінії мають бути рівномірно розподілені по всій території об'єкта водопостачання;
5. для забезпечення достатніх напорів у розподільній мережі магістральні водопровідні лінії потрібно прокладати, по можливості, по найвищих відмітках місцевості;
6. водопровідні лінії потрібно прокладати проїздами або обочинами доріг, паралельно лініям забудови та, по можливості, за межами асфальтових чи бетонних покриттів, щоб вони були доступні для експлуатації та ремонту;
7. автомобільні шляхи чи залізниці трубопроводи повинні пересікати під прямим кутом;
8. при прокладанні труб потрібно враховувати природні та штучні перешкоди;
9. водопровідну мережу потрібно проектувати кільцевою;
10. тупикові лінії допускається влаштовувати:
 - для подавання води на виробничі потреби, якщо дозволяється перерва у водопостачанні під час ліквідації аварії;
 - на господарсько-питні потреби при діаметрах труб не більше 100 мм;
 - на протипожежні або господарсько-протипожежні потреби, незалежно від витрат води на гасіння пожежі, якщо довжина ліній не перевищує 200 м;
 - в населених пунктах з числом жителів до 5 тис. жит. і при

витраті води на зовнішнє гасіння однієї пожежі до 10 дм³/с або при кількості внутрішніх пожежних кранів у будівлі до 12 дозволяються тупикові лінії більше 200 м завдовжки, за умови влаштування протипожежних резервуарів або водоймищ, водонапірної башти чи контррезервуару в кінці тупика;

11. кільцювання зовнішніх водопровідних мереж внутрішніми водопровідними мережами будівель і споруд не дозволяється;

12. необхідно враховувати черговість забудови та майбутній розвиток водопроводу.

2.3. Водопровідна арматура

На водопровідній мережі встановлюється наступна арматура:

- запірна та регулююча (вентилі, крани, засувки, затвори);
- водорозбірна (водорозбірні крани та колонки, пожежні гідранти);
- запобіжна (запобіжні, зворотні та редуційні клапани, вантузи, випуски).

Регулюючу та запірну арматуру (засувки з ручним приводом, кульові крани, поворотні дискові затвори) застосовують для регулювання витрат води та напорів у мережі, а також для повного відключення її ділянок під час ремонту.

Водопровідна арматура на водопровідних лініях повинна бути з ручним чи механічним приводом (від пересувних засобів). Застосування запірної арматури з електричним чи гідравлічним приводом допускається при дистанційному чи автоматичному регулюванні. Така арматура встановлюється в камерах регулювання для оперативного перерозподілу потоків води на лініях мережі або вимикання певних ділянок в разі аварій. Для цього найчастіше застосовують чавунні, рідше сталеві засувки та поворотні затвори.

Для запобігання гідравлічних ударів у трубопроводах на них установлюється запірна арматури із тривалими періодами закриття й відкриття. На трубопроводах з $d > 100$ мм в основному встановлюються засувки, які залежно від призначення, робочого тиску та умовного проходу, діляться на паралельні та клинові, з висувними й невисувними шпинделями, ручним або електро-, гідро- та пневмоприводом. На засувках діаметром більше

500 мм для вирівнювання тиску по обидва боки затворних ущільнювачів влаштовують обвідні трубопроводи малого діаметра із засувками. Такі трубопроводи називають байпасами.

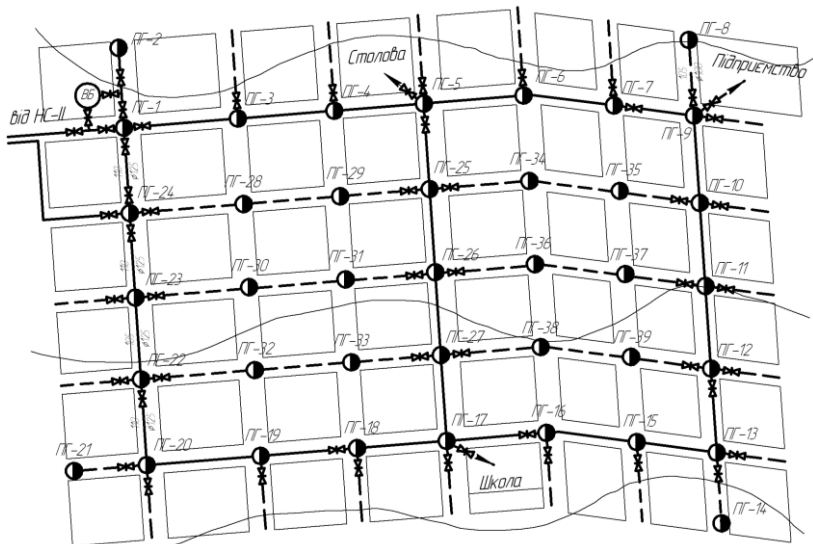


Рис. 2.3. План міста з водопровідною мережею та арматурою

При великих діаметрах трубопроводів і відносно невеликих тисках замість засувок можливо встановлювати дискові поворотні затвори. Ці затвори дозволяють швидше перекривати потік води.

Вантузи призначені для випуску та впуску повітря.

При ремонті або промивці водопроводів їх спорожнюють через випуски, що розташовуються в понижених місцях і є відгалуженнями, що перекриваються засувками.

Водорозбірні колонки встановлюють у районах житлової забудови з будинками, що не містять внутрішнього водопроводу. Радіус обслуговування однією колонкою – до 100 м. Колонка підключається до зовнішніх водопровідних мереж за допомогою труб діаметром 20...30 мм. Існує кілька типів водорозбірних колонок, пристосованих для різних умов експлуатації.

Гідрант із пожежною колонкою - це водозабірний пристрій,

який встановлюється на водопровідній мережі й призначений для відбору води при гасінні пожежі. Гідрант із колонкою при гасінні пожежі може бути використаний, по-перше, як зовнішній пожежний кран, у випадку приєднання пожежного рукава для подачі води до місця гасіння пожежі та, по-друге, як джерело води для насоса пожежного автомобіля. Відстань між пожежними гідрантами визначається, в залежності від їх радіуса дії за умови, що гасіння пожежі в будь-якій точці забудови забезпечується, як мінімум, з двох гідрантів. Залежно від конструктивних особливостей й умов протипожежного захисту об'єктів, гідранти поділяються на підземні й надземні. Підземні гідранти встановлюють у спеціальних колодязях, що закривають кришкою (люком). Пожежну колонку (стендер) нагвинчують на підземний гідрант тільки при його використанні. Надземний гідрант розміщується вище поверхні землі із закріпленою на ньому колонкою. Основними вимогами, які висуваються до гідрантів, є забезпечення швидкого пуску води та незамерзання в них води.

До водорозбірної арматури відносяться також питні фонтанчики й поливальні крани. Фонтанчики встановлюються в парках, садах, на майданах, бульварах тощо. Поливальні крани призначені для поливання дорожніх покриттів, зелених насаджень тощо.

На плані міста, виданого викладачем, потрібно виконати трасування водопровідних мереж та розмістити водопровідну арматуру.

3. Конструювання каналізаційних мереж та споруд

3.1. Схеми каналізації міст

Під схемою водовідведення (каналізації) розуміють технічно та економічно обґрунтоване розміщення на плані об'єкта каналізаційних мереж, насосних станцій, очисних станцій та інших споруд.

Схеми водовідвідних мереж залежать від прийнятої системи водовідведення, геологічних та гідрогеологічних умов, рельєфу місцевості, розташування водойми, напрямку руху води у

водоймі, особливостей планування об'єктів, що обслуговуються, способу прокладання колекторів та інших факторів.

Схеми систем водовідведення поділяються, залежно від виду та територіального охоплення об'єкта.

В залежності від виду об'єкта, розрізняють такі схеми водовідведення: районні (регіональні), міські, квартальні та заводські. Районні або регіональні схеми водовідведення проектується для декількох близько розташованих населених пунктів або групи підприємств. Характерною ознакою районної схеми є наявність однієї потужної очисної станції, на яку подається стічна вода з усіх об'єктів, розташованих на території району. Застосування районних схем дозволяє:

- комплексно вирішити природоохоронні заходи та раціонально використати наявні природні водойми на території району;
- зменшити витрати на очищення стічної води;
- підвищити рівень експлуатації очисних споруд.

Недоліком таких схем є підвищені витрати на транспортування стічної води при значній відстані між окремими об'єктами.

За територіальним охопленням схеми систем водовідведення поділяють на централізовані, децентралізовані, у тому числі локальні. В централізованій схемі водовідведення очищення стічної води від міста здійснюється на єдиних очисних спорудах. При окремому відведенні й очищенні стічної води від міста на декілька очисних споруд, схема водовідведення буде децентралізованою. При влаштуванні системи водовідведення лише на окремих об'єктах міста схема водовідведення буде локальною.

Загальноміські схеми водовідведення приймаються, залежно від місцевих умов, тому для кожного міста розробляється індивідуальна схема, в таких випадках неможливо рекомендувати якісь типові схеми водовідведення. Але серед усіх схем, які найбільш часто зустрічаються на практиці з врахуванням принципу поділу міста на басейни водовідведення та напрямку колекторів басейнів, виділяють такі схеми міських каналізаційних мереж: перпендикулярну, перехресну, зонну, радіальну та паралельну (рис. 3.1).

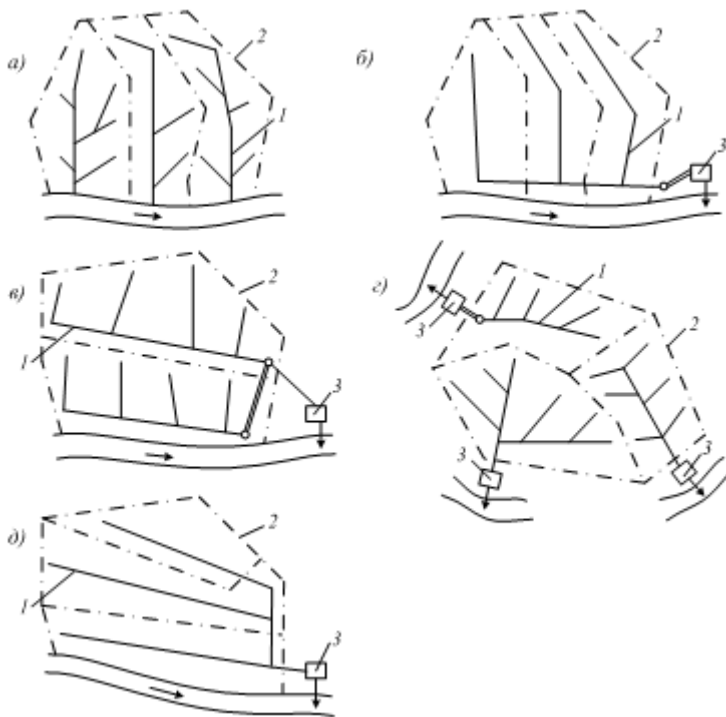


Рис. 3.1. Схеми каналізаційних мереж

а) перпендикулярна; б) перехресна; в) зонна; г) радіальна; д) паралельна;
1 – колектори басейнів каналізування; 2 – границі басейнів каналізування;
3 – очисні споруди

При перпендикулярній схемі колектори трасують по найкоротшому (перпендикулярному) напрямку до водойми. Такі схеми застосовуються для відведення дощової (яка не вимагає очищення) та незабрудненої виробничої стічної води в місцевостях із значним похилом до водойми.

При перехресній схемі колектори перпендикулярної схеми перехоплюються головним колектором, який прокладається паралельно водоймі. Така схема застосовується на місцевостях із значним похилом поверхні землі до річки та необхідності очищення стічних вод.

Зонна (поясна) схема застосовується на територіях, що мають

нерівномірний похил місцевості (складаються з терас) до водойми або на територіях із значною різницею відміток, які можна поділити на зони, що каналізують самостійно. При цьому з верхньої зони стічна вода відводиться на очисні споруди самопливом, а з нижньої – перекачуються насосною станцією. Це дозволяє зменшити експлуатаційні витрати.

Радіальна (децентралізована) схема застосовується при складному рельєфі місцевості та при відведенні стічної води від великих міст. Це є децентралізована схема, характерною ознакою її є наявність декількох очисних станцій.

При паралельній (віяльній) схемі колектори басейнів каналізування трасуються паралельно або під невеликими кутами до напрямку течії річки та перехоплюються головним колектором, який розташований перпендикулярно до течії річки. Цю схему застосовують при крутих схилах до річки, з метою зменшення уклонів труб і швидкості руху стічних вод в трубах.

3.2. Трасування каналізаційних мереж

Трасуванням називають накреслення каналізаційних мереж в плані. При трасуванні каналізаційних мереж враховують рельєф місцевості, вертикальне її планування, розміщення водних потоків, місця розміщення очисних споруд та скидання стічних вод, гідрогеологічні розрізи за трасами мереж.

Розрізняють наступні схеми трасування каналізаційних мереж (рис. 3.2): охоплююча, з пониженого боку кварталу та черезквартальна.

Охоплююча схема трасування водовідвідних вуличних мереж застосовується при плоскому рельєфі або невеликому похилі поверхні землі (менше 0,005-0,007), для кварталів великих розмірів (більших 450 м) та для кварталів, в яких будинки розташовані по периметру (квартали малоповерхової або «старої забудови»).

При трасуванні з пониженого боку кварталів водовідвідні мережі прокладаються лише з однієї або двох низових сторін кварталів, що обслуговуються. Така схема застосовується при значних похилах місцевості (більше 0,005-0,007) та при невеликих розмірах кварталів.

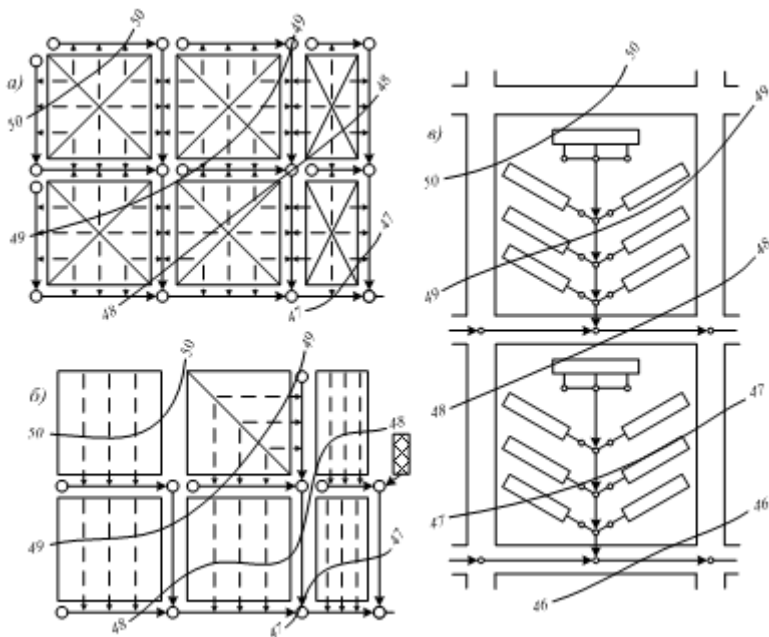


Рис. 3.2. Схеми накреслення вуличної каналізаційної мережі щодо кварталів
а) охоплююча; б) з пониженого боку кварталів, в) черезквартальна

Черезквартальна схема трасування водовідвідних мереж застосовується при наявності детального плану забудови кварталу або для кварталів, через які проходять тальвеги (улововини), при узгодженні з архітектурно-планувальним управлінням міста. Використання такої схеми трасування дозволяє на 30-40% скоротити довжину вуличних мереж та на 10-20% вартість будівництва, проте, ускладнюється її експлуатація.

При проектуванні каналізаційних мереж необхідно виконувати наступні рекомендації:

1. каналізаційні лінії між колодязями необхідно прокладати прямолінійно. В місцях зміни напрямку трубопроводу в плані (поворот), на профілі (при зміні похилу), в місцях приєднання труб потрібно влаштовувати колодязі;
2. з'єднання труб і колекторів у колодязях виконується у вигляді

відкритих лотків;

3. труби та канали в колодязях необхідно з'єднувати по верху труб (шелигах) або по рівнях води. При цьому рекомендується з'єднувати по верху труби різного діаметру, а по рівнях води – труби однакового діаметра. «По лотках» з'єднуються труби при переході з більшого діаметра на менший. Для приєднання безрозрахункових ділянок, дворової мережі до вуличних колекторів застосовується схема «лоток труби – рівень води».

4. розрахункова швидкість течії повинна зростати вздовж колектора. Зменшення розрахункової швидкості (але не менше критичної), допускається лише після гасіння швидкості в попередньому колодязі;

5. в місцях з'єднання потоків не допускаються зустрічні течії, удари струменів, підпори. Кут між підвідною та відвідною трубою повинен бути не менше 90° . Допускається з'єднання потоків під будь-яким кутом при встановленні в колодязі перепаду у вигляді стояка.

6. наповнення в лотках, до приєднуються, повинні бути вирівняні за рівнем води або бути вищими, ніж в основному потоці, а швидкість меншою ніж в основному потоці. Приєднання дуже малих труб (дворова мережа) до колекторів великих діаметрів здійснюється так, щоб лоток малої труби знаходився на відмітці поверхні води у великій трубі при розрахунковому наповненні.

3.3. Труби та споруди на каналізаційних мережах

При влаштуванні каналізаційної мережі використовуються труби та канали різноманітної форми поперечного перерізу. Їх можна поділити на круглі, стиснуті ($H < b$) і витягнуті ($H > b$).

Форма поперечного перерізу труб і каналів повинна задовольняти статичні, гідравлічні, економічні й експлуатаційні вимоги. Гідравлічні характеристики будуть краще в того перерізу, що має найбільшу пропускну здатність при заданій площі живого перерізу й уклоні. В такому разі найбільш вигідні перерізи з більшим значенням гідравлічного радіуса. Гідравлічний радіус – це відношення площі живого перерізу потоку до довжини змоченого периметру.

Труби із круглою формою поперечного перерізу мають кращі міцнісні характеристики та високий ступінь індустріальності при виготовленні, тому вони одержали найширше поширення (близько 90% всіх збудованих мереж). Економічним показником служить відношення вартості 1 м покладених труб до їх максимального пропускної здатності. Чим менше величина цього показника, тим економічніша мережа.

Канали зі стиснутими перерізами найчастіше застосовуються при прокладках у важких гідрогеологічних умовах, коли потрібно зменшити глибину закладання мережі. Такі канали характеризуються великою пропускною здатністю при їх малій висоті. Їх застосовують для відведення більших кількостей води з незначним коливанням витрати.

Витягнуті форми поперечного перерізу одержали найбільше поширення при спорудженні загальносплавної системи каналізації. Обумовлюється це тим, що в загальносплавній системі каналізації при відсутності дощів витрати стічних вод малі. Теоретично ж цей профіль перерізу забезпечує найбільшу швидкість руху води при малих витратах тому, що гідравлічний радіус витягнутого перерізу більше, ніж інших видів перерізів.

Лотки з перерізами прямокутної та трапецієподібної форми влаштовують звичайно на територіях очисних споруд, а також для внутрішньої каналізації в цехах.

Труби, що застосовуються для прокладання каналізаційних мереж, повинні бути водонепроникними, міцними та довговічними, стійкими до корозії та температурного впливу, а також повинні мати гладку внутрішню поверхню. При прокладанні каналізаційних мереж використовуються керамічні, бетонні, залізобетонні, азбестоцементні, вініпластові, поліетиленові та чавунні труби.

Керамічні труби каналізації виготовляють діаметром 150-600 мм. Вони широко використовуються для влаштування мереж побутової каналізації, що прокладається із труб малих діаметрів і відводять слабоагресивні стічні води. Для відведення стоків промислових підприємств, що містять велику кількість кислоти, застосовуються керамічні кислототривкі труби.

Залізобетонні безнапірні труби виготовляють діаметром 400-

3500 мм, нормальної та підвищеної міцності; бетонні безнапірні гладкі труби виготовляють діаметром 200-600 мм. У першу чергу їх використовують при прокладанні дощової каналізації, але можуть застосовувати і для побутової каналізації, при цьому їх поверхня покривається протикорозійними захисними мастиками.

Азбестоцементні труби для безнапірних трубопроводів виготовляються діаметром 100-600 мм із гладкими кінцями, довжиною 3 та 4 м.

До каналізаційних мережевих споруд відносяться колодязі різного призначення, дощеприймачі, дощевипуски (на мережах загальносплавної системи), дюкери, переходи (під залізними та шосейними дорогами, водними протоками й ярами, під мостами та пішохідними містками), випуски, вентиляційні пристрої.

На каналізаційних мережах для спостереження за роботою мережі, а також для прочищення, промивання трубопроводів і ліквідації можливих засмічень встановлюють колодязі. Колодязі бувають лінійними, поворотними, вузловими, перепадними, контрольними. Колодязі встановлюють, відповідно, при повороті траси, зміні діаметру та уклону труб, у місці приєднання трубопроводів і при необхідності влаштування перепадів.

Лінійні колодязі влаштовують на прямих ділянках мережі. Відстань між ними призначається, залежно від діаметра труб і коливається від 35 м (Ø150 мм) і до 300 м (Ø>2000 мм).

Поворотні колодязі встановлюють в місцях зміни напрямку руху води в плані. Такі колодязі мають плавний криволінійний лоток з кутом повороту не менше 90°, гострі кути повороту недопустимі.

Вузлові колодязі служать для з'єднання декількох труб. В них бокові ділянки мережі приєднуються до основного колектора плавним заокругленим лотком.

Контрольні колодязі влаштовують у місцях приєднання дворової, квартальної, промислової мереж до вуличної.

Перепадні колодязі влаштовують для з'єднання підвідних та відвідних труб, що підходять на різних відмітках. Такі колодязі споруджують з метою зменшення глибини залягання

трубопроводів, при перетині з підземними спорудами, у випадках приєднання до глибоко закладених колекторів, для зменшення швидкості руху води.

На плані міста, виданого викладачем, потрібно виконати трасування каналізаційних мереж та розмістити необхідні споруди – КНС тощо (рис. 3.3).

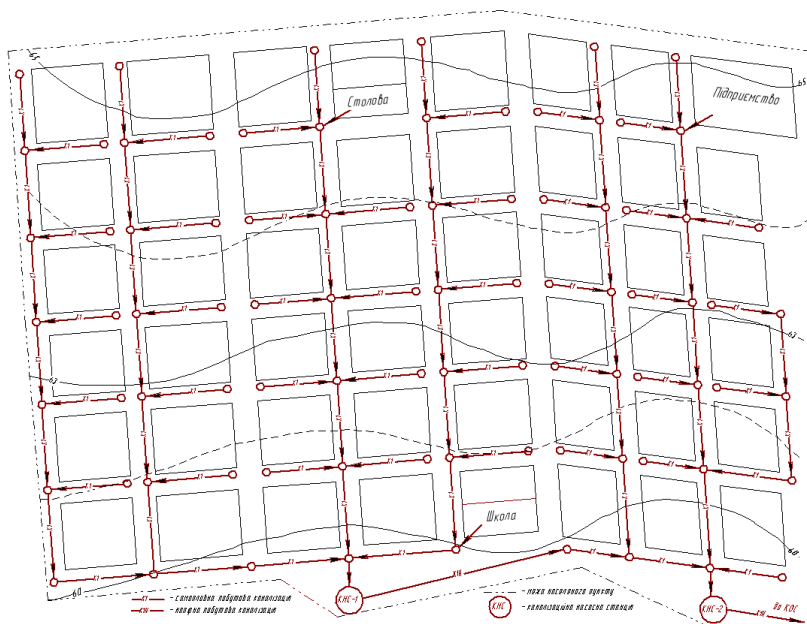


Рис. 3.3. План міста з каналізаційною мережею

4. Теплотехнічні розрахунки інженерних мереж

При наземному та надземному перетині трубопроводами штучних та природних перешкод, з метою попередження їх замерзання, необхідно виконувати теплотехнічні розрахунки.

Відповідно до законів теплопередачі, тепловий потік крізь стінку неутепленої труби, який виражає втрату нею тепла, ккал/(м·год) ($1 \text{ ккал} = 4,18 \cdot 10^3 \text{ Дж}$), складає

$$q_{\Gamma} = \frac{\pi \cdot (t_B - t_H)}{\frac{1}{\alpha_B \cdot d_1} + \frac{1}{2 \cdot \lambda} \cdot \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{\alpha_H \cdot d_2}}, \quad (4.1)$$

де t_B – температура всередині труби, °C;

t_H – температура зовнішнього повітря, °C;

α_B – коефіцієнт внутрішньої тепловіддачі від води до матеріалу стінки труби, ккал/(м²·год·град);

α_H – коефіцієнт зовнішньої тепловіддачі від поверхні труби до повітря, ккал/(м²·год·град.);

λ – коефіцієнт теплопровідності матеріалу стінки труби, ккал/(м·год·град);

d_1, d_2 – відповідно, внутрішній і зовнішній діаметри труби, м.

Лінійний коефіцієнт теплопередачі неутепленої труби k_{Γ} , ккал/(м·год·град)

$$k_{\Gamma} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_B \cdot d_1} + \frac{1}{2 \cdot \lambda} \cdot \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{\alpha_H \cdot d_2}}. \quad (4.2)$$

Обернена величина коефіцієнту теплопередачі k_{Γ} або лінійний термічний опір теплопередачі, град·м·год/ккал

$$R_{\Gamma} = \frac{1}{k_{\Gamma}} = \frac{1}{\alpha_B \cdot d_1} + \frac{1}{2 \cdot \lambda} \cdot \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{\alpha_H \cdot d_2}. \quad (4.3)$$

Тоді, рівняння для теплового потоку неутепленої труби можна записати наступним чином

$$q_{\Gamma} = k_{\Gamma} \cdot \pi \cdot (t_B - t_H) = \frac{\pi \cdot (t_B - t_H)}{R}. \quad (4.4)$$

Якщо товщина стінки труби порівняно невелика ($d_1/d_2 > 0,5$), то (4.1) можна спростити та з помилкою, яка не перевищує 4%, вважати, як для плоскої стінки

$$q_{\Gamma} = \frac{\pi \cdot (t_B - t_H) \cdot d_{CP}}{\frac{1}{\alpha_B} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_H}}, \quad (4.5)$$

$$\text{де } d_{CP} = \frac{d_1 + d_2}{2}.$$

При великих діаметрах труб і тонких металевих стінках можна приблизно вважати d_{CP} рівним внутрішньому діаметру труби d_1 або розрахунковому умовному проходу d , а також через відносно малі значення можна знехтувати величинами $\frac{1}{\alpha_B}$ та $\frac{\delta}{\lambda}$.

У цьому випадку (4.5) отримає вигляд

$$q_{\Gamma} = \pi \cdot (t_B - t_H) \cdot d \cdot \alpha_H. \quad (4.6)$$

Для труби, ізольованої концентричними шарами ізоляції діаметрами $d_2, d_3, d_2, \dots, d_{n+1}$ при числі шарів n , лінійний термічний опір, град·м·год/ккал, складе

$$R_{I3} = \frac{1}{k_{I3}} = \frac{1}{\alpha_B \cdot d_1} + \sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{2 \cdot \lambda_i} \cdot \ln \frac{d_{i+1}}{d_i} \right) + \frac{1}{\alpha_H \cdot d_{n+1}}, \quad (4.7)$$

і величина теплового потоку на 1 м ізольованої труби буде дорівнювати

$$q_{I3} = \frac{\pi \cdot (t_B - t_H)}{R_{I3}}. \quad (4.8)$$

При відносно тонкій ізоляції (відношення внутрішнього діаметра труби до зовнішнього діаметра верхнього шару ізоляції більше 0,5) (4.7) та (4.8) аналогічно (4.5) можна спростити до рівняння

$$q_{I3} = \frac{\pi \cdot (t_B - t_H) \cdot d_{CP}}{\frac{1}{\alpha_B} + \sum \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_H}}. \quad (4.9)$$

При русі води по металевій трубі можна приблизно приймати коефіцієнт внутрішньої тепловіддачі $\alpha_B = 1000 \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{град}$, а коефіцієнт зовнішньої тепловіддачі $\alpha_H = 12 \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{град}$.

Температура води при її русі по трубі підвищується завдяки утворенню теплоти тертя внаслідок втрати напору на подолання сил тертя часток води об стінки труби, а також між собою.

Зменшення напору переходить у теплову енергію, яка і викликає самонагрівання води, яка транспортується. Чим більша швидкість руху води, а також чим більші шорсткість стінок труби та значення місцевих опорів, тим більше створюється теплової енергії або теплоти тертя води. Витрата енергії на подолання сил тертя при протіканні води по водоводах, $\text{кг} \cdot \text{м/с}$, становить

$$N = Q \cdot \gamma \cdot l \cdot i, \quad (4.10)$$

де Q – витрата води, $\text{м}^3/\text{с}$;

γ – об'ємна вага води, рівна 1000 кг/м^3 ;

l – довжина трубопроводу, м ;

i – гідравлічний уклон або втрати напору на одиницю довжини

Оскільки $1 \text{ кг} \cdot \text{м}$ роботи дорівнює 427 ккал тепла, тому кількість теплоти тертя, що виділяється на 1 п.м трубопроводу, при пропуску по ньому води, $\text{ккал}/(\text{м} \cdot \text{год})$, становить

$$q_{TP} = \frac{Q \cdot 3600 \cdot 1000 \cdot i}{427} = 8430 \cdot Q \cdot i. \quad (4.11)$$

Значення величини втрати напору i по довжині труби можна визначити за відомими формулами або за відповідними таблицями. До цих втрат напору в необхідних випадках додається величина втрат напору $\sum h_M$ на місцеві опори.

Приблизно можна вважати, що величина $\sum h_M$ дорівнює 5% від втрат напору по довжині. Тому, загальне значення i для підстановки у (4.11) дорівнює 1,05 втрат напору по довжині труби.

Температура води, °С, наприкінці трубопроводу визначається з виразів:

при не утепленій трубі

$$t_{КИН} = t_{ПОЧ} - \left(\frac{q_{Г} - q_{ТР}}{Q_{ГОД}} \right) \cdot l, \quad (4.12)$$

при ізолюваній трубі

$$t_{КИН} = t_{ПОЧ} - \left(\frac{q_{ІЗ} - q_{ТР}}{Q_{ГОД}} \right) \cdot l, \quad (4.13)$$

де $Q_{ГОД}$ – годинна витрата води, л/год.

Щоб уникнути замерзання води, у випадку припинення її руху, надземний перехід повинен бути спорожнений. У лініях невеликого перерізу, особливо якщо постійна витрата невелика, а часом і взагалі може припинятися, рекомендується виконувати посилену теплову ізоляцію та, крім того, забезпечувати наприкінці переходу постійне скидання води взимку.

Якщо трубопровід не спорожнити, то після припинення руху потоку води в ньому спочатку відбудеться охолодження її до 0°, а потім – замерзання. Тривалість охолодження $\tau_{ОХ}$, год, можна приблизно визначити, якщо розділити повну тепломісткість трубопроводу на втрати тепла, визначені за (4.5), (4.6), (4.8)

$$\begin{aligned} \tau_{ОХ} &= \frac{1000 \cdot \pi \cdot d^2}{4} (t_B - 0) : \frac{\pi \cdot (t_B - t_H) \cdot d}{1/\alpha_H} = \\ &= \frac{1000 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot t_B}{4 \cdot \pi \cdot \alpha_H \cdot (t_B - t_H) \cdot d} = \frac{250 \cdot d \cdot t_B}{\alpha_H \cdot (t_B - t_H)} \end{aligned} \quad (4.14)$$

Замерзання води по всій довжині та всьому перерізі трубопроводу наступить тоді, коли від води буде відсутня прихована теплота льодоутворення, рівна 80 ккал на 1 л води, або 80000 ккал на 1 м³. Допустимо, що для забезпечення цілісності трубопроводу, може змерзнути не більше 30% його перерізу по всій довжині. Для цього вода в трубі повинна втратити тепла, ккал/м

$$q_{ЗАМ} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot 80 \cdot 1000 \cdot 0,3 = 6000 \cdot \pi \cdot d^2. \quad (4.15)$$

Якщо прийняти у (4.6) $t_B = 0^\circ$ і $\alpha_H = 12$, то вона прийме вигляд

$$q_{Г} = -12 \cdot \pi \cdot t_H \cdot d. \quad (4.16)$$

Прийнявши, що процеси виділення прихованої теплоти льодоутворення та віддачі цього тепла повітрю проходять рівномірно, тоді з (4.15) та (4.16) можемо приблизно визначити час замерзання води в неутепленому трубопроводі після припинення в ньому руху потоку і охолодження води до 0° , нехтуючи падінням теплового напору та зменшенням тепловіддачі, що виникає внаслідок утворення в трубі крижаної кірки, год.

Аналогічно розрахункові вирази приймаються для ізолюваних трубопроводів.

Приклад розрахунку. Визначити температуру в кінці неізолюваного сталюого трубопроводу діаметром $d_{ЗОВ} = 630$ мм товщиною стінки $\delta = 7$ мм при початковій температурі води $t_B = 2^\circ$ та температурі зовнішнього повітря $t_H = -20^\circ$. Довжина трубопроводу $l = 100$ м, витрата води $Q = 0,4$ м³/с, втрати напору з врахуванням місцевих опорів $i = 0,004$ м/м. Крім того необхідно визначити допустиму тривалість трубопроводу з водою без спорожнення.

Розв'язок. Втрати тепла в трубопроводі за (4.5)

$$q_{\Gamma} = \frac{3,14 \cdot (2 + 20) \cdot (0,63 + 0,616) / 2}{\frac{1}{1000} + \frac{0,007}{50} + \frac{1}{12}} = 509 \text{ ккал}/(\text{м} \cdot \text{год.}). \text{ Теплота}$$

тертя (4.11)

$$q_{TP} = 8430 \cdot Q \cdot i = 8430 \cdot 0,4 \cdot 0,004 = 13,5 \text{ ккал}/(\text{м} \cdot \text{год.}).$$

Температура води в кінці трубопроводу (4.12)

$$t_{KIH} = 2 - \left(\frac{509 - 13,5}{0,4 \cdot 3,6 \cdot 10^6} \right) \cdot 100 = 1,9997^\circ. \quad \text{Отже, зміни}$$

температури води по довжині переходу практично не відбувається. При припиненні руху води по трубопроводу, час її охолодження до 0°C становитиме (4.14)

$$\tau_{OX} = \frac{250 \cdot 0,616 \cdot 2}{12 \cdot (2 + 20)} = 1,2 \text{ год. та час замерзання на 30\% перерізу}$$

$$\tau_{ЗАМ} = - \frac{500 \cdot 0,616}{-20} = 15,4 \text{ год. Отже, впродовж часу, який не}$$

повинен перевищувати $\tau_{ДОП} = 1,2 + 15,4 = 16,6 \text{ год.}$ неізолюваний трубопровід необхідно спорозжити.

5. Встановлення та розрахунок обладнання на інженерних мережах

При ремонті або промивці ремонтних ділянок водопровідних мереж, їх спорозжують через випуски, що розташовуються в понижених місцях. Засувки випусків можуть розташовуються в окремих колодязях або в колодязях і камерах переключень, де розміщуються засувки та арматура іншого призначення (рис. 5.1). Труби випусків закінчуються біля найближчих річок, ярів, канав тощо. Якщо топографічні умови не дозволяють зробити відведення води самопливом, то поблизу колодязя із засувкою, що перекриває випуск, встановлюють збірний «мокрый» колодязь, звідки вода відкачується зазвичай пересувним насосом.

Найбільш простий випадок зображений на рис. 5.1,а, де випуск одиночного водопроводу передбачений із пониженої

його точки, поза місцем розташування камери переключень. На трубі випуску встановлений колодязь, в якому розміщена засувка; труба закінчується в канаві для відведення води.

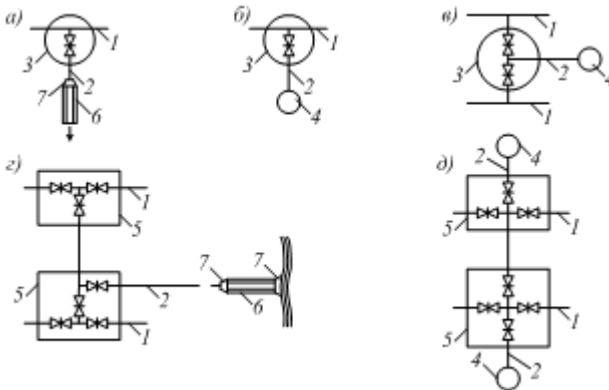


Рис. 5.1. Схеми влаштування випусків

1 – водопровід; 2 – труба випуску; 3 – колодязь випуску; 4 – мокрий колодязь;
5 – камера переключень; 6 – канава; 7 – оголовки

При влаштуванні водовипуску, особливо на сталевих водопроводах, доцільно розташовувати в колодязі лише засувку випуску, залишаючи сам водопровід за межами колодязя. Випадок, коли рельєф місцевості не дозволяє випускати воду з водопроводу самопливом, зображений на рис. 5.1,б, де показана установка мокрого колодязя для збору води. Подібна ж схема для двох ниток водопроводу наведена на рис. 5.1,в. При розташуванні поблизу річки камер переключення водопроводу з двох ниток, випуск влаштовується за схемою рис. 5.1,г, який забезпечує спорожнення чотирьох ділянок водопроводу. Частина випуску, яка примикає безпосередньо до камер і проходить на значній глибині, влаштовується у вигляді закритої труби, а остання його частина, зазвичай, є відкритою канавою. У місцях входу труби в канаву і канави в річку влаштовують оголовки простої конструкції. На рис. 5.1,д наведена схема пристрою випусків з двох камер переключення в два мокрі колодязі. Рекомендується, по можливості, обмежуватися одним загальним мокрим колодязем.

При діаметрі трубопроводу більше 250 мм застосовують

спеціальні фасонні частини – водовипуски, а при меншому – трійники, які перекриваються засувками. Крім того, випуск води з ділянок розподільної мережі може виконуватись через арматуру колодязів, що знаходяться в пониженнях місцях. Вода при цьому відводиться самопливом, відкачується з мокрих колодязів, а інколи і безпосередньо з оглядових колодязів. Довжина труби випуску визначається місцевими умовами і складає зазвичай від 3 до 30 м. Діаметри випусків і пристроїв для випуску повітря повинні забезпечувати спорожнення ділянок водопроводів за час не більший 2 год. Якщо випуски призначені для промивання ділянки водопроводу, то вони повинні створювати в ньому швидкості на 10% більші за розрахункові.

При розрахунках водовипусків розглядаються три найбільш характерні випадки (рис. 5.2).

За схемою (рис. 5.2,а) вода випускається тільки із однієї ділянки водопроводу, інших ділянок немає, або вони відокремлені закритими засувками. Тоді, з рівняння Бернуллі, напір, м

$$H = \frac{v_0^2}{2 \cdot g} \left(1 + \lambda_0 \cdot \frac{l_0}{d_0} + \sum \xi_0 \right) + \frac{v_l^2}{2 \cdot g} \left(\lambda_1 \cdot \frac{L}{D} + \sum \xi_1 \right), \quad (5.1)$$

де v_0 , v_l – швидкості руху в відгалуженні та в основному трубопроводі, м/с; d_0 ,

d_0 , D – діаметри відгалуження та основного трубопроводу, м;

l_0 , L – довжини відгалуження та ділянки основного трубопроводу, що обслуговуються випуском, м;

$\sum \xi_0$, $\sum \xi_1$ – сума коефіцієнтів місцевих гідравлічних втрат напору у відгалуженні та в основному трубопроводі;

λ_0 , λ_1 – коефіцієнти гідравлічного опору по довжині випуску та основного трубопроводу, м²/с;

g – прискорення вільного падіння, м/с².

Значення $\sum \xi_0$, як правило, складається з коефіцієнтів місцевих гідравлічних втрат напору у трійнику та відкритій

засувці і приймається $1,5+0,2=1,8$.

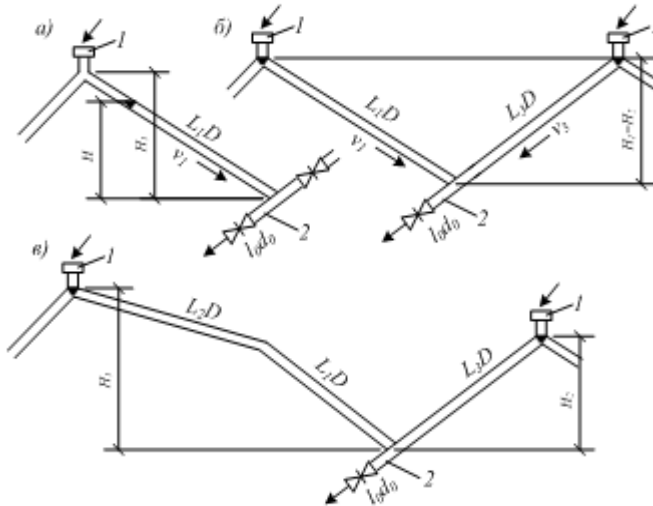


Рис. 5.2. Схеми до розрахунку випусків при спорожненні
а – однієї ділянки водопроводу; б, в – двох ділянок водопроводу, відповідно з
однаковою й різною висотами наповнення;
1 – клапан для впуску повітря; 2 – випуск

Якщо знехтувати втратами енергії, що характерно для більшості випадків, то з рівняння (5.1) можна визначити діаметр випуску, м

$$d_0 = \sqrt{2 \cdot D^2 \cdot L_1 / (\mu \cdot t \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H_1})}, \quad (5.2)$$

де μ – коефіцієнт витрати випускного отвору, що приблизно дорівнює 0,62;

t – час спорожнення трубопроводу, с, що приймається не більше 7200 с (2 год.).

Максимальна швидкість, м/с, води в трубопроводі при спорожненні

$$v_1 = \sqrt{H_1/a}, \quad (5.3)$$

де a – коефіцієнт

$$a = \frac{(D/d_0)^4 \cdot (1 + \lambda_0 \cdot l_0/d_0 + \sum \xi_0)}{2 \cdot g}. \quad (5.4)$$

Коефіцієнт гідравлічного опору по довжині для ненових сталевих та чавунних труб, м²/с

$$\lambda_0 = \frac{0,021}{d_0^{0,3}}. \quad (5.5)$$

При необхідності можна уточнити тривалість спорожнення трубопроводу з урахуванням втрат енергії, с

$$t = 2 \cdot \sqrt{a} \cdot L_1 / \sqrt{H_1}. \quad (5.6)$$

Другий випадок (рис. 5.2,б) передбачає спорожнення двох ділянок водоводів, що примикають до випуску, з однаковою висотою наповнення ($H_1 = H_2$).

Діаметр випуску, м, без урахування втрат енергії

$$d_0 = \sqrt{2 \cdot D^2 \cdot (L_1 + L_3) / (\mu \cdot t \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H_2})}. \quad (5.7)$$

Максимальна швидкість спорожнення, м/с

$$v_1 = \sqrt{H/b}, \quad (5.8)$$

де $H = H_1 = H_2$;

b – коефіцієнт.

$$b = \frac{K_C^2 \cdot (D/d_0)^4 \cdot (7 + \lambda_0 \cdot l_0/d_0 + 2 \cdot \sum \xi_0)}{2 \cdot g}; \quad (5.9)$$

де K_C – коефіцієнт

$$K_C = 1 + L_3/L_1, \quad (5.10)$$

де L_1 , L_3 – довжини ділянок основних трубопроводів, що обслуговуються випуском, м.

Час спорожнення, с, двох ділянок

$$t = 2 \cdot \sqrt{b} \cdot L_1 / \sqrt{H_2}. \quad (5.11)$$

Третій випадок (рис. 5.2,в) передбачає спорожнення двох

ділянок водопроводу, які мають різну висоту наповнення ($H_1 \neq H_2$).

Для цього випадку тривалість спорожнення, с

$$t = 2 \cdot \sqrt{a} \cdot \frac{L_2}{H_1} \cdot (\sqrt{H_1} - \sqrt{H_2}) + 2 \cdot \sqrt{b} \cdot \frac{L_1}{\sqrt{H_2}}, \quad (5.12)$$

де L_1 , L_2 – довжини ділянок основних трубопроводів, що обслуговуються випуском, м.

В (5.12) перший член виражає тривалість спорожнення лівої ділянки водопроводу на висоту $H_1 - H_2$, а другий – тривалість спорожнення двох ділянок на висоту H_2 .

Діаметр випуску варто задавати, а потім перевіряти його за (5.12). Максимальну швидкість руху води при спородженні можна визначити за (5.3).

Приклад розрахунку 1. Визначити діаметр випуску та початкову швидкість руху води при спорожненні ділянки водопроводу за схемою, яка наведена на рис. 5.2,а, якщо $D=600$ мм, $L_1=1000$ м; $H_1=20$ м; $l_0=20$ м, розрахункова швидкість руху води $v_P=0,6$ м/с.

Розв'язок. За (5.2) визначаємо діаметр водовипуску $d_0 = \sqrt{2 \cdot 0,6^2 \cdot 1000 / (0,62 \cdot 3600 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 10})} = 0,128$ м. До розрахунку приймаємо труби сталеві електрозварні (ГОСТ 10704-91) Ø125 мм. За (5.5) визначаємо коефіцієнт гідравлічного опору $\lambda_0 = 0,021 / 0,125^{0,3} = 0,0392$ м²/с. За (5.3) визначаємо коефіцієнт

$$a = \frac{(0,6/0,125)^4 \cdot (1 + 0,0392 \cdot 20/0,125 + 1,8)}{2 \cdot 9,81} = 245. \quad \text{Тоді час}$$

спорожнення $t = 2 \cdot \sqrt{245} \cdot 1000 / \sqrt{20} = 7000$ с = 1,9 год, що знаходиться в допустимих межах. Отже без врахування втрат енергії визначення діаметра випуску дає значно занижені результати. За (5.3) визначаємо максимальну швидкість руху води в трубопроводі при його спорожненні

$v_1 = \sqrt{20/245} = 0,4$ м/с, яка повинна бути більшою за $1,1 \cdot v_P = 1,1 \cdot 0,6 = 0,66$ м/с. Тому необхідно збільшити діаметр водовипуску. Приймаємо $d_0 = 200$ мм. Тоді

$$\lambda_0 = 0,021 / 0,200^{0,3} = 0,0340 \text{ м}^2/\text{с},$$

$$a = \frac{(0,6/0,200)^4 \cdot (1 + 0,0340 \cdot 20/0,200 + 1,8)}{2 \cdot 9,81} = 26,$$

$t = 2 \cdot \sqrt{26} \cdot 1000 / \sqrt{20} = 2280$ с = 0,6 год, $v_1 = \sqrt{20/26} = 0,9$ м/с > 0,6 м/с. Отже остаточно приймаємо діаметр водовипуску 200 мм. Для Ø600 мм є стандартні чавунні водовипуски з діаметрами водовипускних відхилень 150, 200 мм.

Приклад розрахунку 2. Визначити діаметр випуску та початкову швидкість руху води при спорожненні ділянок водопроводу за схемою, яка наведена на рис. 5.2,б, якщо $D=600$ мм, $L_1=1000$ м; $L_2=700$ м $H_1 = H_2 = 20$ м; $l_0=20$ м.

Розв'язок. За (5.7) визначаємо діаметр водовипуску $d_0 = \sqrt{2 \cdot 0,6^2 \cdot (1000 + 700) / (0,62 \cdot 3600 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 20})} = 0,170$ м. До розрахунку приймаємо труби сталеві електрозварні (ГОСТ 10704-91) Ø200 мм. За (5.5) визначаємо коефіцієнт гідравлічного опору $\lambda_0 = 0,021 / 0,200^{0,3} = 0,0340 \text{ м}^2/\text{с}$. За (5.10) визначаємо коефіцієнт $K_C = 1 + 700/1000 = 1,7$, а за (5.9) – коефіцієнт

$$b = \frac{1,7^2 \cdot (0,6/0,200)^4 \cdot (7 + 0,0340 \cdot 20/0,200 + 2 \cdot 1,8)}{2 \cdot 9,81} = 168. \text{ Тоді час}$$

спорожнення $t = 2 \cdot \sqrt{168} \cdot 1000 / \sqrt{20} = 5779$ с = 1,6 год., що знаходиться в допустимих межах. За (5.8) визначаємо максимальну швидкість руху води в трубопроводі при його спорожненні $v_1 = \sqrt{20/168} = 0,3$ м/с.

Приклад розрахунку 3. Визначити діаметр випуску та початкову швидкість руху води при спорожненні ділянок водопроводу за схемою, яка наведена на рис. 5.2,в, якщо $D=600$ мм, $L_1=1000$ м; $L_3=700$ м $H_1 = H_2 = 20$ м; $l_0=20$ м.

Розв'язок. Приймаємо діаметр водовипуску $d_0 = 250$ мм. За (5.5) визначаємо коефіцієнт гідравлічного опору $\lambda_0 = 0,021/0,250^{0,3} = 0,0318$ м²/с. За (5.10) визначаємо коефіцієнт $K_C = 1 + 700/100 = 1,7$, за (5.3) – коефіцієнт $a = \frac{(0,6/0,250)^4 \cdot (1 + 0,0318 \cdot 20/0,250 + 1,8)}{2 \cdot 9,81} = 9$; за (5.9) –

коефіцієнт

$$b = \frac{1,7^2 \cdot (0,6/0,250)^4 \cdot (7 + 0,0318 \cdot 20/0,250 + 2 \cdot 1,8)}{2 \cdot 9,81} = 64. \text{ Тоді, час}$$

спорожнення
$$t = 2 \cdot \sqrt{9} \cdot \frac{300}{20} \cdot (\sqrt{20} - \sqrt{15}) + 2 \cdot \sqrt{64} \cdot \frac{1000}{\sqrt{15}}$$

$= 4185$ с $= 1,2$ год, що знаходиться в допустимих межах. За (5.3) визначаємо максимальну швидкість руху води в трубопроводі при його спорожненні $v = \sqrt{20/9} = 1,5$ м/с.

6. Розрахунок упорів на інженерних мережах

Розрахунок упорів, розміщених у ґрунті, виконують користуючись наступними вимогами:

- 1) тиск на ґрунт, який передається опорними робочими площинами упорів, не повинний перевищувати розрахункових упорів ґрунту;
- 2) не повинно бути випирання ґрунту під дією сил, які передаються робочими площинами упорів;
- 3) товщина й інші розміри упорів повинні бути такими, щоб напруги в кладці не перевищували розрахункових;
- 4) деформація ґрунту під тиском упору не повинна перевищувати допустимої величини для дотримання щільності і міцності стикових з'єднань;
- 5) при напрямку сили, яка переміщає трубопровід, вверх вага упору-якоря повинна перевищувати цю силу.

У практиці найчастіше зустрічаються упори, що встановлюються при повороті розтрубного трубопроводу в горизонтальній площині. Розглянемо схему та методику

розрахунку такого упору.

На рис. 6.1 наведено упор для чавунних розтрубних трубопроводів, що встановлюється у місці горизонтального повороту відгалуженням 45° . Основний масив упору влаштовується з худого бетону, бутової кладки або цегли залежно від місцевих умов і наявних ресурсів. Подушку, у якій розміщується відгалуження, виконують звичайно з бетону марки 100 та відокремлюють від масиву прокладкою із двох шарів толю.

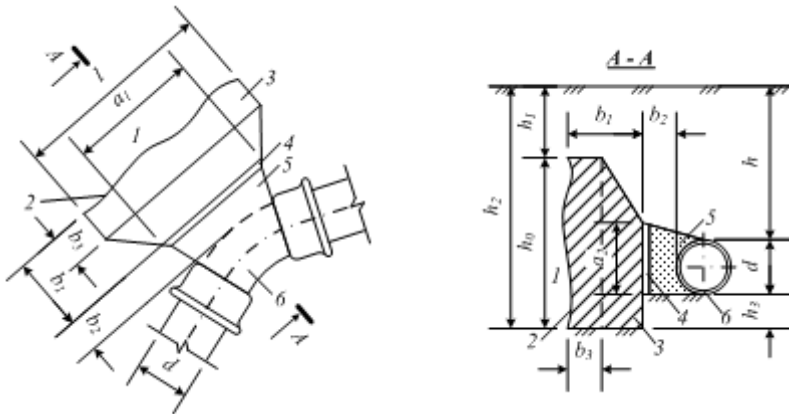


Рис. 6.1. Упор для чавунних розтрубних трубопроводів при повороті в горизонтальній площині під кутом 45°
1 – непорушений ґрунт; 2 – опорна поверхня; 3 – бетон; 4 – толева прокладка у два шари; 5 – подушка; 6 – розтрубне відгалуження 45°

На рис. 6.2 наведена схема дії сил гідростатичного напору у місці повороту трубопроводу. На цій схемі кут α визначається крайніми радіусами r , перпендикулярними перерізам трубопроводів в місцях переходу від прямолінійного напрямку його осі до криволінійного. Осьові сили тиску P_1 і P_2 перетинаються під кутом β , що вказує також фактичне відхилення поздовжньої осі трубопроводу від прямолінійного напрямку. У загальному випадку тиск води з однієї сторони криволінійної ділянки дорівнює P_1 , а з іншої P_2 . Діаметри трубопроводу відповідно будуть d_1 і d_2 (в см), а тиск у

трубопроводі p_1 і p_2 (в кг/см^2). Осьові сили, що діють на криволінійну ділянку трубопроводу, кг, будуть рівні

$$P_1 = \frac{\pi \cdot d_1^2}{4} \cdot p_1 = 0,785 \cdot d_1^2 \cdot p_1,$$

$$P_2 = \frac{\pi \cdot d_2^2}{4} \cdot p_2 = 0,785 \cdot d_2^2 \cdot p_2$$
(6.1)

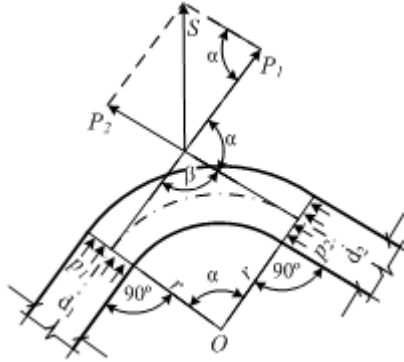


Рис. 6.2. Схема дії сил гідростатичного напору в місці горизонтального повороту трубопроводу

Рівнодійна сила S сил P_1 , P_2 (за теоремою косинусів), кг

$$S = \sqrt{P_1^2 + P_2^2 - 2 \cdot P_1 \cdot P_2 \cdot \cos \alpha}.$$
(6.2)

Як правило, тиск P_1 практично дорівнює тиску P_2 і діаметр трубопроводу в місці повороту не змінюється. Отже, $P_1 = P_2$ та $d_1 = d_2$. Тоді

$$S = P \cdot \sqrt{2 \cdot (1 - \cos \alpha)}$$
(6.3)

або

$$S = 0,785 \cdot d^2 \cdot p \cdot \sqrt{2 \cdot (1 - \cos \alpha)}.$$
(6.4)

Оскільки $1 - \cos \alpha = 2 \cdot \sin^2(\alpha/2)$, отримаємо

$$S = 2 \cdot P \cdot \sin(\alpha/2) \quad (6.5)$$

або

$$S = 1,57 \cdot d^2 \cdot p \cdot \sin(\alpha/2). \quad (6.6)$$

Рівнодійна S є поперечною силою, що діє на трубопровід у місці його повороту. Під дією цієї сили виникають напруження в стінках, які можуть привести до порушення з'єднання труб.

Площа вертикальної грані - робочої опорної площини упору, см^2 , безпосередньо пов'язаної із ґрунтом, визначається, виходячи з **першої умови**

$$F = \frac{S}{R \cdot m_Y}, \quad (6.7)$$

де R – розрахунковий опір ґрунту, кг/см^2 ;

m_Y – коефіцієнт, що враховує умови роботи упору; приймається $m_Y = 0,7 - 0,8$

При закладенні трубопроводу на глибині $h < 1,5 \text{ м}$ розрахунковий опір ґрунту основи визначається шляхом множення величини розрахункового опору, наведеного в довідковій літературі, на коефіцієнт m , що обчислюється за формулою

$$m = 0,5 + 0,0033 \cdot h, \quad (6.8)$$

де h – глибина закладення трубопроводу, см , до його верху, яка визначається: при плануванні зрізанням – від планувальної відмітки; при плануванні підсипанням – від природного рівня ґрунту.

Перевірка за другою умовою (на випирання ґрунту) вимагає визначення пасивного опору ґрунту, що примикає до упору, і опору зрушенню самого упору. Загальний опір ґрунту, кг , випираючій дії упору

$$T = T_1 + T_2. \quad (6.9)$$

Пасивний опір ґрунту, кг , при відсутності над ним засипки

$$T_1 = 0,5 \cdot \operatorname{tg}^2(45^\circ + \varphi/2) \cdot \gamma \cdot (h_2^2 - h_1^2) \cdot l, \quad (6.10)$$

де φ – розрахунковий кут внутрішнього тертя ґрунту, $25-35^\circ$;

γ – об'ємна вага ґрунту ($1600-1800 \text{ кг/м}^3$);

h_2 – глибина закладення підшви упору від поверхні ґрунту, см;

h_1 – відстань від верху упору до поверхні ґрунту, см;

l – довжина упору, см.

Опір ґрунту, кг, від власної ваги упору

$$T_2 = Q \cdot f, \quad (6.11)$$

де Q – вага масиву упору, кг;

f – коефіцієнт тертя упору об ґрунт, рівний $0,3-0,5$.

Перевірку дотримання другої умови рекомендується виконувати за формулою

$$0,9 \cdot T \geq S. \quad (6.12)$$

Напруження, що діють у кладці кам'яних і бетонних упорів, при розрахунку їх розмірів з умов міцності конструкцій (**третя умова роботи упору**) не повинні перевищувати нормативних.

Як правило, упори сприймають найбільші зусилля при випробуванні покладених, але ще не засипаних трубопроводів. Щоб уникнути великого розриву в часі між закінченням робіт з будівництва упорів і випробуванням укладеного трубопроводу, допускається виконання випробувань, коли кладка упору досягне 80% розрахункової міцності. При цьому треба відповідно знижувати табличні розрахункові напруження.

Товщину упору b , см, визначають розрахунком, щоб напруження розтягування при згині σ_{KL} , кг/см^2 , які виникають в кладці упору при дії сили S , не перевищували $0,8 \cdot R_P$ зг (R_P зг – розрахункове напруження при згині, кг/см^2). При цьому прилягаючу до ґрунту робочу площину упору вважають

навантаженою рівномірно розподіленим навантаженням R_{II} , кг/см, яке чисельно дорівнює табличному розрахунковому опору ґрунту R , з поправкою, при необхідності, за (6.8).

При довжині упору l , см, згинальний момент в середині упору, кг·см, буде дорівнювати

$$M = \frac{R_{II} \cdot l^2}{8}. \quad (6.13)$$

Напруження в кладці упору, кг/см², повинні відповідати умові

$$\sigma_{KL} = 0,8 \cdot R_P \text{ зГ} = \frac{M}{W}, \quad (6.14)$$

де W – момент упору прямокутного перерізу упору, см³

$$W = \frac{l \cdot b^2}{6}. \quad (6.15)$$

Підставивши (6.15) у (6.14), одержимо

$$\sigma_{KL} = 0,8 \cdot R_P \text{ зГ} = \frac{6 \cdot M}{l \cdot b^2} = \frac{3 \cdot R_{II} \cdot l^2}{4 \cdot b^2}. \quad (6.16)$$

Перетворюючи (6.16), одержимо для товщини упору, см, вираз

$$b = \sqrt{\frac{3 \cdot R_{II} \cdot l^2}{4 \cdot \sigma_{KL}}}. \quad (6.17)$$

Четверта умова вимагає, щоб деформація ґрунту в робочій площині упору не перевершувала допустимого переміщення крайнього стику. З умови щільності розтрубного з'єднання звичайно граничну величину такого переміщення приймають не більше 0,3см. Четверта умова буде виконана, якщо тиск σ на ґрунт по робочій площині упору не перевищуватиме 0,3 від коефіцієнта пружного стиснення ґрунту k (коефіцієнт постелі ґрунту), тобто

$$\sigma \leq 0,3 \cdot k. \quad (6.18)$$

Величину коефіцієнта пружного стискання ґрунту варто приймати за даними досліджень; середнє значення його лежить у межах $3,5 \dots 5 \text{ кг/см}^3$, причому менші величини відносяться до глибини закладення підшви упору порядку 2-2,5м, а більші – до глибини, що перевищує 3-3,5м.

П'яту розрахункову умову необхідно витримати при визначенні загальної ваги якоря. У цьому випадку

$$Q \geq \frac{N}{m_Y}, \quad (6.19)$$

де Q – вага упору (якоря);

N – вертикальна складова сили гідростатичного тиску;

m_Y – коефіцієнт, що враховує умови роботи.

Приклад розрахунку. Упор розташований на повороті під кутом $\alpha = 45^\circ$ у горизонтальній площині чавунного трубопроводу діаметром $d = 500$ мм. Упор виконаний з бетону марки 50: розрахункове напруження при розтягуванні $R_{P\ 3T} = 2,4 \text{ кг/см}^2$, густина $\rho = 3,6 \text{ т/м}^3$. Робочий тиск у трубопроводі $p_P = 10$ аті, випробувальний $p_B = 10 + 5 = 15$ аті $= 15 \text{ кг/см}^2$. Ґрунт основи упору – суглинок у пластичному стані з коефіцієнтом пористості $\varepsilon = 1$, розрахунковий опір ґрунту $R = 1 \text{ кг/см}^2$. Кут внутрішнього тертя $\varphi = 30^\circ$, об'ємна вага ґрунту $\gamma = 1700 \text{ кг/м}^3$. Коефіцієнт постелі ґрунту дорівнює $k = 4 \text{ кг/см}^3$. Глибина закладення трубопроводу до верху $h = 130$ см.

Розв'язок. Сила, що діє на упор (6.6)
 $S = 1,57 \cdot 50^2 \cdot 15 \cdot \sin(45^\circ/2) = 22520 \text{ кг}$. Оскільки глибина закладання трубопроводу $h = 1,3 < 1,5 \text{ м}$, то табличну величину розрахункового опору треба помножити на коефіцієнт $m = 0,5 + 0,0033 \cdot 130 = 0,93$ (6.8). Отже, розрахунковий опір

$R_{II} = 1 \cdot 0,93 = 0,93 \text{ кг/см}^2$. Величина робочої опорної площини упору за (6.7) складе $F = \frac{22520}{0,93 \cdot 0,7} = 34600 \text{ см}^2$. Приймаємо

висота $h_0 = 1,35 \text{ м}$, тоді довжина $l = \frac{F}{h_0} = \frac{3,46}{1,35} = 2,56 \text{ м}$. Товщину

упору b_I визначаємо, виходячи із третьої умови (щоб напруження в кладці не перевищували розрахункових).

а. Згинальний момент у місці середини упору (6.13)

$$M = \frac{0,93 \cdot 256^2}{8} = 7620 \text{ кг} \cdot \text{см}.$$

б. Розрахункове напруження в кладці упору (6.16)
 $\sigma_{KII} = 0,8 \cdot R_P = 0,8 \cdot 2,4 = 1,92 \text{ кг/см}^2$.

с. Товщина упору (6.17) $b_I = \sqrt{\frac{3 \cdot 0,93 \cdot 256^2}{4 \cdot 1,92}} = 154 \text{ см}.$

Інші розміри упору призначаємо конструктивно: $b_2 = 150 \text{ мм}$, $b_3 = 350 \text{ мм}$, $a_1 = 1000 \text{ мм}$, $a_2 = 600 \text{ мм}$, $h_1 = 700 \text{ мм}$, $h_2 = 2050 \text{ мм}$, $h_3 = 250 \text{ мм}$. З рис. 6.3 $b_4 = b_1 - b_3 = 154 - 35 = 119 \text{ см}$, $h_4 = a_2 + h_3 = 60 + 25 = 85 \text{ см}$. З рис. 6.3 об'єм бетону в упорі (без врахування об'єму подушки) складатиметься з об'єму призматичної та пірамідальної частини:

$$V = V_{ПРИЗ} + V_{ПІР} = 1,21 + 2,39 = 3,6 \text{ м}^3,$$

$$(V_{ПРИЗ} = b_3 \cdot l \cdot h_0 = 0,35 \cdot 2,56 \cdot 1,35 = 1,21 \text{ м}^3,$$

$$V_{ПІР} = \frac{H}{3} \cdot (S_1 + S_2 + \sqrt{S_1 \cdot S_2});$$

$$V_{ПІР} = \frac{b_4}{3} \cdot (a_1 \cdot h_4 + l \cdot h_0 + \sqrt{a_1 \cdot h_4 \cdot l \cdot h_0})$$

$$V_{ПІР} = \frac{b_4}{3} \cdot (1 \cdot 0,85 + 2,56 \cdot 1,35 + \sqrt{1 \cdot 0,85 \cdot 2,56 \cdot 1,35}) = 2,39 \text{ м}^3).$$

Вага упору $Q = 2300 \cdot 3,6 = 8280 \text{ кг}$. За (6.9)-(6.11) опір ґрунту випираючій дії упору

$$T_1 = 0,5 \cdot \text{tg}^2(45^\circ + 30/2) \cdot 1700 \cdot (2,05^2 - 0,70^2) \cdot 2,56 +$$

+ 8280 · 0,4 = 27488 кг. Друга умова (6.12) виконується, тому що $0,9 \cdot T = 0,9 \cdot 27488 = 24739 \text{ кг} > S = 22520 \text{ кг}$. Четверта умова роботи упору витримана (6.18)

$$\sigma = \frac{T}{F} = \frac{24739}{34600} = 0,79 \leq 0,3 \cdot 4 = 1,2 \text{ кг/см}^2.$$

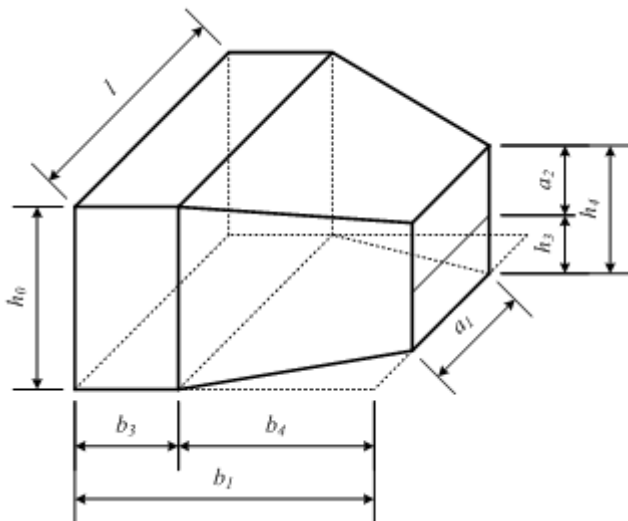


Рис. 6.3. Схема до визначення об'єму упору

7. Взаємне розміщення інженерних мереж на території міста

При створенні нових або при реконструкції існуючих населених пунктів їх інженерне улаштування, як правило, проектується у вигляді комплексу систем водопостачання, каналізації, тепло-, газо-, електропостачання тощо. При цьому підземні мережі також необхідно проектувати як комплексне господарство, ретельно пов'язуючи їх розміщення з поперечним профілем вулиць, з транспортною мережею та з проїздами всередині мікрорайонів.

Для забезпечення новобудов міста водою, газом, теплом і електроенергією підземні мережі потрібно прокладати до початку забудови мікрорайонів: магістральні (міські та районні) мережі вздовж вулиць, розподільні (мікрорайонні) мережі

вздовж проїздів всередині мікрорайонів.

При трасуванні магістральних підземних мереж необхідно враховувати: структурно-планувальне рішення населеного пункту; розміри міжмагістральних територій; характер дорожньо-транспортної мережі; рельсф; розміщення водоймищ; місцеположення найбільш крупних споживачів води, тепла, газу й електроенергії.

Як правило, магістральні підземні мережі трасують через щільно забудовані території житлових районів у напрямку до крупних споживачів води. Магістральні міські мережі прокладають уздовж транспортних вулиць в технічних смугах, що спеціально відводяться для них, а магістральні районні мережі – вздовж житлових вулиць і проїздів. При цьому необхідно прагнути проектувати суміщену прокладку підземних комунікацій в одній траншеї або в загальному каналі або колекторі. Це найбільш прогресивні способи прокладки підземних мереж.

Магістральні міські та районні мережі водопостачання та теплопостачання по можливості трасують по місцевості з підвищеними відмітками, а газопроводи низького тиску – по місцевості із меншими відмітками. Це дозволяє раціональніше використовувати напори в мережах. Для забезпечення рівномірних напорів в мережах та запобігання перерв в їх роботі при аваріях основні транзитні магістралі доцільно сполучати перемичками.

Схема інженерних мереж населеного місця повинна передбачати можливість будівництва об'єкту по чергах, а також його подальше розширення і реконструкцію.

При будівництві нових районів з озеленими вулицями та вільним плануванням житлової забудови підземні мережі розміщують поза проїжджою частиною – під смугами зелених насаджень і під тротуарами. При реконструкції старих районів житлової забудови, а також при будівництві нових районів з вулицями, що мають невелику ширину, підземні мережі прокладають і під проїжджою частиною.

Розміщення підземних мереж, що роздільно прокладаються, проектують з урахуванням терміну їх служби. Так, кабельні

мережі, які вимагають частого розкриття в період експлуатації, розміщують, як правило, під смугами зелених насаджень. Магістральні мережі водопроводу, каналізації, тепло- і газопроводів, що мають тривалий термін служби, розташовують під смугами зелених насаджень та тротуарів, а у випадку, якщо ширина їх виявиться недостатньою, – в середній частині вулиці.

Поперечний профіль вулиці проектують з урахуванням наступних положень:

1. Ширина тротуару для однієї лінії пішоходів приймається рівною 0,75 м.

2. В смузі тротуару або прилеглого до нього газону на відстані не менше 0,5 м від червоної лінії забудови прокладають:

* кабелі слабого струму (пожежної сигналізації, радіо, телебачення, міжміського і спеціального призначення зв'язку);

* потім – кабелі телефонного зв'язку;

* потім – силові кабелі напругою до 10 кВ;

3. Решта підземних мереж розташовується в плані від червоної лінії забудови до осі вулиць по зростаючій глибині їх залягання (рис. 7.1).



Рис. 7.1. Вертикально-горизонтальне зонування підземних мереж

1 – кабелі слабого струму; 2 – кабелі телефонного зв'язку; 3 – силові кабелі;

4 – теплопровід; 5 – газопровід; 6 – дощова мережа; 7 – водопровід;

8 – побутова каналізація

При розміщенні підземних мереж, що роздільно

прокладаються, в профілі вулиць і площ враховують вимоги ДБН Б.2.2-12:2019 (табл. 7.2).

Для підвищення надійності забезпечення основних споживачів водою, теплом і газом іноді проектують прокладку мереж в дві або більше паралельних лінії, призначаючи число ліній мінімально можливим. Доцільність дублювання підземних мереж встановлюється економічним порівнянням двох варіантів з урахуванням ширини вулиць.

При розміщенні підземних мереж в профілі вулиці повинно передбачатися не тільки горизонтальне, але і вертикальне їх зонування. Найчастіше здійснюють вертикальне зонування розподільних мереж, оскільки при цьому забезпечуються раціональне рішення розміщення вводів і перетин підземних мереж на різних рівнях. При вертикальному зонуванні також можливі два варіанти прокладки підземних мереж – з дублюванням або без дублювання.

Глибини закладання підземних мереж призначають з врахуванням їх технологічних особливостей, гідрогеологічних умов і рельєфу місцевості, а також способів виконання робіт (табл. 7.1).

За завданням, виданим викладачем, потрібно виконати вертикально-горизонтальне розміщення підземних комунікацій у поперечному розрізі вулиці (рис. 7.2) та визначити відстані між ними (табл. 7.2).

Таблиця 7.1

Глибина закладання підземних мереж

Підземні мережі	Глибина закладання мереж
Водопровід	за ДБН В.2.5-74:2013
Каналізація	за ДБН В.2.5-75:2013
Газопровід	за ДБН В.2.5-20:2018
Теплопровід	за ДБН В.2.5-39:2008
Силові кабелі	за ДБН В.2.5-23:2010

Таблиця 7.2

Визначення відстані (у світлі) між підземними комунікаціями

	Фун- дамент	V0	W1	W2	T0	P1	P2	P3	B1	K1	K2	Стовп	Бортовий камінь
Фундамент	x	$\overline{0,6}$	$\overline{0,6}$	$\overline{0,6}$	$\overline{2;5}$	$\overline{2}$	$\overline{4}$	$\overline{7}$	$\overline{5}$	$\overline{3}$	$\overline{3}$	x	x
V0	$\overline{0,6}$	x	$\overline{0,5}$	$\overline{0,5}$	$\overline{1}$	$\overline{1}$	$\overline{1}$	$\overline{1}$	$\overline{0,5}$	$\overline{0,5}$	$\overline{0,5}$	$\overline{0,5}$	$\overline{1,5}$
W1	$\overline{0,6}$	$\overline{0,5}$	x	$\overline{0,1-0,5}$	$\overline{2}$	$\overline{1}$	$\overline{1}$	$\overline{1}$	$\overline{0,5}$	$\overline{0,5}$	$\overline{0,5}$	$\overline{0,5}$	$\overline{1,5}$
W2	$\overline{0,6}$	$\overline{0,5}$	$\overline{0,1-0,5}$	x	$\overline{2}$	$\overline{1}$	$\overline{1}$	$\overline{1}$	$\overline{0,5}$	$\overline{0,5}$	$\overline{0,5}$	$\overline{0,5}$	$\overline{1,5}$
T0	$\overline{2;5}$	$\overline{1}$	$\overline{2}$	$\overline{2}$	x	$\overline{1;2}$	$\overline{1;2}$	$\overline{1,5;2}$	$\overline{1,5}$	$\overline{1}$	$\overline{1}$	$\overline{1}$	$\overline{1,5}$
P1	$\overline{2}$	$\overline{1}$	$\overline{1}$	$\overline{1}$	$\overline{1;2}$	x	$\overline{0,5}$	$\overline{0,5}$	$\overline{1}$	$\overline{1}$	$\overline{1}$	$\overline{1}$	$\overline{1,5}$
P2	$\overline{4}$	$\overline{1}$	$\overline{1}$	$\overline{1}$	$\overline{1;2}$	$\overline{0,5}$	x	$\overline{0,5}$	$\overline{1}$	$\overline{1,5}$	$\overline{1,5}$	$\overline{1}$	$\overline{1,5}$
P3	$\overline{7}$	$\overline{1}$	$\overline{1}$	$\overline{1}$	$\overline{1,5;2}$	$\overline{0,5}$	$\overline{0,5}$	x	$\overline{1,5}$	$\overline{2}$	$\overline{2}$	$\overline{1}$	$\overline{2,5}$
B1	$\overline{5}$	$\overline{0,5}$	$\overline{0,5}$	$\overline{0,5}$	$\overline{1,5}$	$\overline{1}$	$\overline{1}$	$\overline{1,5}$	x	$\overline{1,5-5}$	$\overline{1,5}$	$\overline{1}$	$\overline{2}$
K1	$\overline{3}$	$\overline{0,5}$	$\overline{0,5}$	$\overline{0,5}$	$\overline{1}$	$\overline{1}$	$\overline{1,5}$	$\overline{2}$	$\overline{1,5-5}$	x	$\overline{0,4}$	$\overline{1}$	$\overline{1,5}$
K2	$\overline{3}$	$\overline{0,5}$	$\overline{0,5}$	$\overline{0,5}$	$\overline{1}$	$\overline{1}$	$\overline{1,5}$	$\overline{2}$	$\overline{1,5}$	$\overline{0,4}$	x	$\overline{1}$	$\overline{1,5}$
Стовп	x	$\overline{0,5}$	$\overline{0,5}$	$\overline{0,5}$	$\overline{1}$	$\overline{1}$	$\overline{1}$	$\overline{1}$	$\overline{1}$	$\overline{1}$	$\overline{1}$	x	x
Бортовий камінь	x	$\overline{1,5}$	$\overline{1,5}$	$\overline{1,5}$	$\overline{1,5}$	$\overline{1,5}$	$\overline{1,5}$	$\overline{2,5}$	$\overline{2}$	$\overline{1,5}$	$\overline{1,5}$	x	x

Примітка: В чисельнику вказується розрахункова відстань, а в знаменнику – мінімально допустима відстань.

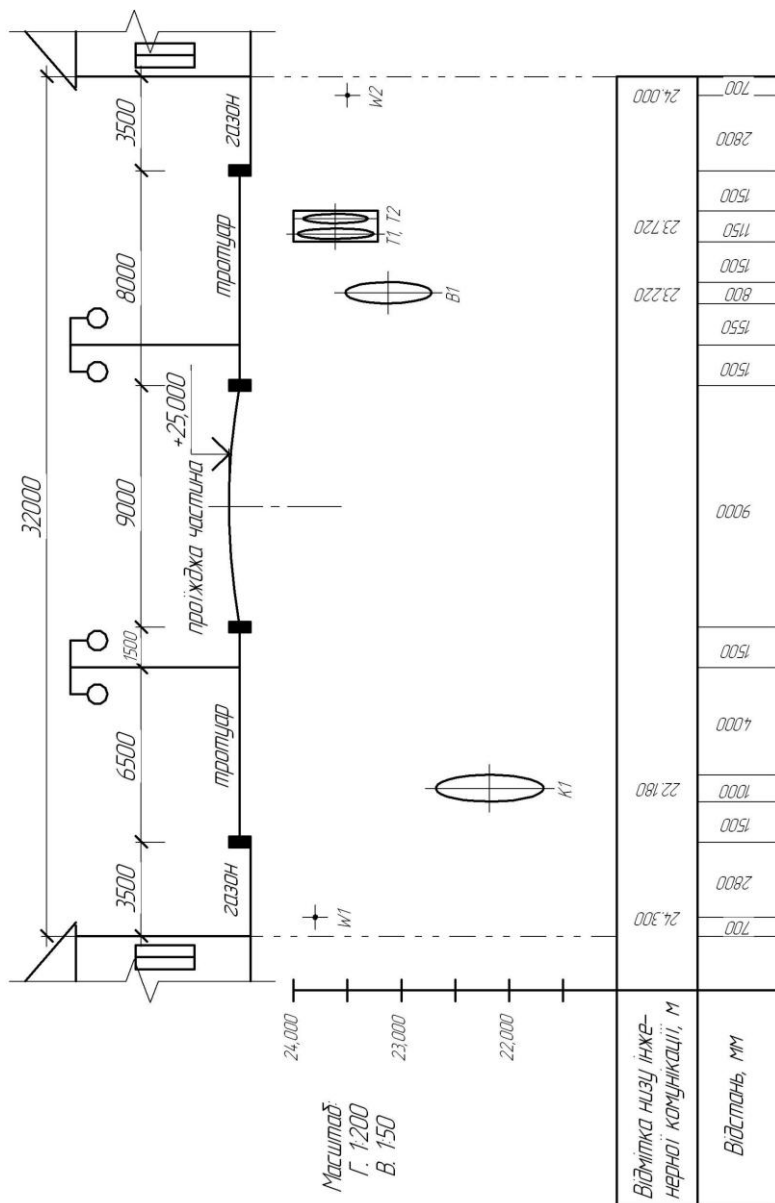


Рис. 7.2. Розташування підземних комунікацій у поперечному розрізі вулиці (приклад оформлення)

II. САМОСТІЙНА РОБОТА

Якісна освіта є запорукою майбутнього країни, важливою складовою її національної ідентичності та державного добробуту.

Самостійна робота студента є основним засобом засвоєння студентом навчального матеріалу в час, вільний від обов'язкових навчальних занять. Пізнавальна діяльність студентів у процесі виконання самостійної роботи характеризується високим рівнем самостійності та сприяє залученню студентів до творчої активності.

Підсумком самостійної роботи над вивченням навчальної дисципліни «Міські інженерні мережі» є самостійне опрацювання рекомендованих тем:

1. Споживачі води, теплової енергії, горючих газів.
2. Сучасні методи та технології будівництва інженерних мереж.
3. Застосування сучасних методів реконструкції та ремонту міських інженерних мереж.
4. Особливості проектування дощової каналізації.
5. Особливості улаштування теплових мереж.
6. Фізико-хімічні властивості горючих газів.
7. Особливості улаштування газових мереж.
8. Техніка безпеки при експлуатації газопроводів.
9. Джерела електричної енергії.
10. Особливості улаштування електричних мереж.
11. Проектування інженерних мереж через штучні та природні перешкоди.

Підсумком самостійної роботи над вивченням навчальної дисципліни є складання письмового звіту за темами, вказаними вище.

Звіт оформлюється на стандартному папері формату А4 (210x297) з одного боку. Поля: верхнє, праве, ліве – 20 мм, нижнє – 22 мм, ліве. У тексті повинні бути зазначені посилання на використану літературу.

Звіт може бути рукописним або друкованим і виконується українською мовою.

На титульній сторінці звіту мають бути зазначені назва кафедри, навчальна дисципліна, прізвище та ініціали здобувача

вищої освіти, група, прізвище та ініціали викладача, який приймає роботу, посада.

Загальний обсяг звіту – 10-15 сторінок. Звіт включає план, основну частину, висновки, список використаної літератури та додатки (за необхідності).

Захист звіту про самостійну роботу проводиться у терміни, спільно обумовлені викладачем і здобувачем вищої освіти.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Міські інженерні мережі та споруди : підручник / А. М. Тугай та ін. К. : КНУБА, 2016. 288 с.
2. Шадура В. О., Мартинов С. Ю., Орлов В. О. . Міські інженерні мережі та споруди : навч. посіб. Рівне : НУВГП, 2010. 102 с. URL: <http://ep3.nuwm.edu.ua/5164/1/V82.pdf> (дата звернення: 02.04.2020)
3. ДСТУ Б А.2.4-1:2009. Умовні зображення і позначки трубопроводів та їх елементів. [На заміну ДСТУ Б А.2.4.-1-95 (ГОСТ 21.206-93); чинний від 2009-01-24]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. 12 с.
4. ДСТУ Б А.2.4-31:2008. Водопостачання і каналізація. Зовнішні мережі. Робочі креслення. [Чинний від 2010-01-01]. Вид. Офіц. Київ, 2008. 10 с.
5. ДСТУ Б А.2.4-2:2009. Умовні графічні зображення та умовні позначки елементів генеральних планів та споруд транспорту. [Чинний від 2010-01-01]. Вид. Офіц. Київ, 2009.
6. ДБН Б.2.2-12:2019. Планування і забудова територій. [Чинний від 2019-10-01]. Вид. Офіц. Київ, 2019.
7. ДБН В.2.5-74:2013. Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. [Чинний від 2014-01-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2013. 172 с.
8. ДБН В.2.5-75:2013. Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. [Чинний від 2014-01-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2013. 219 с.
9. ДБН В.2.5-20:2018. Газопостачання. [На заміну ДБН В.2.5-20:2001; чинний від 2019-07-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2019. 109 с.
10. ДБН В.2.5-39:2008. Теплові мережі. [Чинний від 2008-12-09]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. 56 с.
11. ДБН В.2.5-23:2010. Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення. [Чинний від 2010-10-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2010. 165 с.
12. Наукова бібліотека НУВГП (м. Рівне, вул. Олексі Новака, 75). URL: <http://lib.nuwm.edu.ua/> (дата звернення: 02.04.2019).